



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SUR

**EVALUACION DE PARAMETROS DE CALIDAD
MOLINERA DE AVENAS EN ARGENTINA**

**Tesis presentada para optar al grado de
MAGISTER EN CIENCIAS AGRARIAS**

Por: Ing. Agr. Nilda Liliana Wehrhahne

DIRECTOR: Ing. Agr. M. Sc. Federico Möckel

**Departamento de Agronomía
Universidad Nacional del Sur**

BAHIA BLANCA

ARGENTINA

2009

PREFACIO

Esta tesis se presenta como parte de los requisitos para optar al grado Académico de Magíster en Ciencias Agrarias, de la Universidad Nacional del Sur y no ha sido presentada previamente para la obtención de otro título en esta Universidad u otras.

La misma contiene resultados obtenidos en investigaciones llevadas a cabo en la Chacra Experimental Integrada Barrow (Convenio M.A.A. – INTA), bajo la dirección del Profesor Ing. Agr. M. Sc. Federico Mockël. Además, el Comité Asesor está integrado por el Dr. Miguel A. Cantamutto y por el Ing. Agr. Rubén Miranda.

9 de Febrero de 2009

Nilda Liliana Wehrhahne

Departamento de Agronomía

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SUR

A MI FAMILIA

Y

A MIS MAESTROS, EN LA PROFESION Y EN LA VIDA.

AGRADECIMIENTOS

A mis seres queridos, por su apoyo y comprensión.

A la Universidad Nacional del Sur por la formación académica y a la Chacra Experimental de Barrow que me permitió crecer en la profesión.

Al Ingeniero Héctor Carbajo, por sus enseñanzas, colaboración y compañía.

Al Profesor Möckel por la dirección científica y los aportes.

A los asesores, Ingenieros Agrónomos Miguel Cantamutto y Rubén Miranda.

A los Licenciados Ricardo Camina y Nélide Winzer por el apoyo estadístico.

A la Ingeniera Química María Laura Seghezzo y al equipo del Laboratorio de Calidad de Granos de la CEI Barrow por su generosa colaboración.

A mis compañeros de trabajo por su ayuda y sugerencias.

RESUMEN

La avena (*Avena spp.*) es un cultivo de múltiples usos, predominando los relacionados al consumo animal como forraje verde, heno y grano.

El contenido de proteínas (con un buen balance de aminoácidos), de carbohidratos y de fibras, le confiere al grano de avena un alto valor nutritivo. El consumo de avena en la alimentación humana ha sido revalorizado en la actualidad por algunas propiedades favorables para la salud, en particular porque los betaglucanos contribuyen a disminuir el colesterol en sangre.

La calidad del grano de avena se compone de parámetros físicos y químicos. Entre los primeros están el peso hectolítrico, el desarrollo ó calibre (que involucra tamaño, forma y uniformidad del grano) y el contenido de pepita. Entre los segundos la proteína, el contenido de aceite y las fibras. La industria emplea la pepita que es el grano sin las cubiertas.

Hay aspectos físicos del grano que inciden en el rendimiento industrial. El peso hectolítrico es una medida empleada por el comercio y por la industria, en general alto peso hectolítrico se asocia con alto rendimiento industrial, aunque algunos autores consideran que el porcentaje de pepita estima mejor la calidad.

El propósito de éste trabajo fue relacionar peso hectolítrico con peso de mil granos, porcentaje de pepita, desarrollo de grano y contenido de proteína en diez variedades cultivadas en Argentina. Adicionalmente se determinó el Rendimiento Industrial de esas variedades y se relacionó con los aspectos físicos estudiados. Los ensayos se realizaron en 2004 y 2005 en Barrow.

Todos los aspectos analizados mostraron diferencias significativas entre cultivares y además interacción entre año y genotipo excepto para peso de mil granos.

El peso hectolítrico tuvo una alta asociación con peso de mil, desarrollo y también con rendimiento de grano. No fue significativa la correlación hallada entre peso hectolítrico y porcentaje de pepita, probablemente porque no hubo grandes diferencias en el contenido de pepita en los materiales evaluados.

El Rendimiento Industrial fue calculado según el procedimiento sugerido por Floss, que emplea el desarrollo de granos y el contenido de pepita. Los parámetros que más influyeron sobre él fueron el desarrollo de grano y el peso de mil granos. El peso hectolítrico estuvo correlacionado en forma altamente significativa con el Rendimiento Industrial, semejante a lo hallado con porcentaje de pepita.

El no haber encontrado una correlación significativa entre el peso hectolítrico y porcentaje de pepita, pero sí entre peso hectolítrico y desarrollo, peso hectolítrico y peso de mil granos y peso hectolítrico y Rendimiento Industrial permite concluir que el peso hectolítrico es un estimador más de la calidad molinera de la avena.

Finalmente se propuso un Índice de Calidad integrando los parámetros físicos evaluados (peso hectolítrico, peso de mil granos, desarrollo del grano, porcentaje de pepita) y el porcentaje de proteína. Con él se puede calificar desde el punto de vista de calidad industrial materiales en proceso de selección. Este Índice podrá ser usado en los programas de mejoramiento para combinar genotipos de alto rendimiento agronómico con aquellos de alto Índice de Calidad para la obtención de cultivares destinados a la industria.

De los cultivares evaluados en este estudio ocho presentaron un Índice de Calidad superior a Suregrain, antiguo cultivar referente en calidad.

Se considera que los resultados de este trabajo se podrán aplicar en los programas de mejoramiento y que también pueden ser de utilidad para la industria.

ABSTRACT

Oats (*Avena* spp.) is a crop with multiple uses, but predominantly employed for feed or hay.

Its protein, carbohydrate and fiber content as well as its good aminoacid balance confers to this cereal a high nutritive value. Human consumption of oats has recently been revalued due to its favourable effects upon health, particularly for its betaglucans content that lowers cholesterol levels in blood.

Its quality for industrial processing can be classified in: a) physical parameters such as test weight, caliber (grain size, shape, uniformity) and groats-to-hull ratio; and b) chemical ones: protein, oil and fiber content. Groat (kernel without hull) is used in food processing.

Test weight is both used in grain trading and in processing; it is considered a quality measure because it is associated with high milling yield. Some other authors prefer groat-to-hull ratio as a better estimator of quality.

The aim of this research was to establish the relation between test weight, thousand kernel weight, groat-to-hull ratio, caliber and protein in ten oats cultivars from Argentina.

Additionally, their milling yield was evaluated and related to the physical parameters studied. The grain used came from field plots sown at the Barrow Experimental Station during 2004 and 2005.

All the quality traits studied showed significant differences between cultivars and also year by genotype interaction, except for one thousand kernel weight. Test weight had a high association with one thousand kernel weight, caliber and also with grain yield. No significant correlation was found between

test weight and groat-to-hull ratio probably due to the fact that the selected cultivars didn't show large difference in groat content.

Milling yield was calculated by means of the procedure suggested by Floss which utilizes caliber and groat-to-hull ratio.

Parameters with higher influence upon milling yield were caliber and thousand kernel weight. Test weight was highly correlated with milling yield in a similar manner to what was found for groat-to-hull ratio.

Even when no correlation was found between test weight and groat-to-hull ratio but there was a positive correlation between test weight and caliber, test weight and thousand kernel weight, and test weight and milling yield, it can be concluded that test weight can also be an estimator of the milling quality of oats.

Finally, a Quality Index is proposed, which includes for calculation the physical parameters studied (test weight, thousand kernel weight, caliber, and groat-to-hull ratio) and protein.

This Index may be useful as a selection tool since its capable of ranking materials for their grain quality and detecting top lines that can be combined with high yield ones in order to produce good varieties with high milling aptitude.

Eight cultivars evaluated in this study possessed a Quality Index superior to Suregrain, an old variety that has been used for years as a quality reference.

The results of this work can be used in selection programs and by the oat processing industry.

INDICE GENERAL

Pag.	
Prefacio.....	II
Dedicatoria.....	III
Agradecimientos.....	IV
Resumen.....	V
Abstract	VIII
Indice General.....	X
Introducción General	1
1. Producción y rendimiento.....	2
2. La planta	4
3. Cultivares	12
4. La avena en la alimentación	13
Hipótesis	16
Objetivo General	17
Objetivos particulares	17
Parte I Parámetros de calidad	19
Introducción	20
1. Peso hectolítrico.....	21
2. Peso de mil granos	22
3. Desarrollo de grano	23
4. Porcentaje de pepita	24
5. Proteína	25
Objetivo de la Parte I	27
Materiales y Métodos	28
1. Material y manejo de ensayos	28
2. Determinaciones	29
3. Análisis estadístico	30
Resultados y discusión	31
Condiciones ambientales de los años de evaluación	31
1. Rendimiento	33
2. Peso hectolítrico	36
3. Peso de mil granos	37

4. Desarrollo de granos	40
5. Porcentaje de pepita	41
6. Proteína	44
7. Relaciones entre PH y las otras variables.....	46
Conclusiones de la Parte I.....	48
Parte II Rendimiento industrial – Índice de calidad	49
Introducción	50
1. Procesamiento de avena	50
2. Peso hectolitrico y Rendimiento industrial.....	51
3. Objetivos de la Parte II	53
Materiales y Métodos	54
Resultados y discusión	55
Rendimiento industrial calculado.....	55
1. Relaciones entre variables	57
Conclusiones de la Parte II.....	61
Propuesta de Índice de Calidad	62
Conclusiones	66
Anexo	67
Bibliografía	72

INTRODUCCION GENERAL

1. Producción y rendimiento

La avena (*Avena spp.*) es un cultivo de múltiples usos, predominando los relacionados al consumo animal como verdeo estacional, heno y racionamiento con grano. Solo una porción pequeña de la producción de grano se destina a consumo humano. A nivel mundial se registra una caída en la superficie sembrada como consecuencia de la mecanización agrícola, ya que este grano era empleado para la alimentación de caballos de trabajo. Argentina escapa un poco a esa tendencia debido al importante uso forrajero como verdeo de invierno, cubriendo cerca de 2 millones de hectáreas, mientras que su aporte a la producción de granos apenas supera el 2% (Carbajo 1998).

En avena, la superficie cosechada a nivel mundial declina, mientras que los rendimientos han ido en aumento a razón de unos 12 kg/ha /año (Carbajo 1998).

Del sexto lugar que ocupaba en producción de grano entre los cereales cultivados en el mundo después del trigo, maíz, arroz, cebada y sorgo (Murphy y Hoffman 1992); ha pasado al séptimo, luego del mijo en el promedio de los años 2003-2006 (Nº Estadístico Bolsa de Cereales de Buenos Aires 2006-2007) alcanzando una producción de 25.4 millones de toneladas, de los cuales el 75 % se destinó a alimentación animal.

Por tratarse de un cereal de menor relevancia económica, no son muchos los recursos que se destinan en el mundo a la investigación en avena. La estimación de la ganancia genética es difícil de separar de la contribución de la mejora del ambiente por técnicas de manejo, pero hoy los productores de avena consiguen rendimientos similares ó superiores a otros cereales de

invierno (Federizzi 2002). En trigo desde la década del sesenta se han producido grandes aumentos en productividad, por aumento de área sembrada, mejora genética y prácticas de manejo. Existe consenso en que la fitotecnia ha contribuido con alrededor del 50 % de las ganancias en rendimientos logradas por los productores de trigo (Slafer 2001). Para Abeledo et al (2002) en términos relativos la contribución de la fitotecnia en cebada y avena es similar o superior a la lograda en trigo.

El rendimiento entre 1961 y 2002, ha tenido un aumento de 77.7%; mientras que la superficie y la producción mundial han disminuido en 65.0 y 37.8% respectivamente, en particular en regiones de climas cálidos dónde la avena compite con otros cultivos por una mayor producción de energía y proteína. La Federación Rusa y las ex Repúblicas que formaban parte de ella, son los que siembran mayor superficie de avena, seguido por Europa que a su vez tiene los rendimientos más altos, América del Norte y América del Sur. En el contexto mundial todas las regiones han tenido un aumento en los rendimientos. América del Sur en ese periodo, ha aumentado la superficie sembrada, la producción y el rendimiento de avena en 2.0; 58.1 y 54.9 % respectivamente. Argentina y Uruguay han tenido la mayor reducción de superficie, en tanto que ha aumentado significativamente en Brasil y Perú, y en menor proporción en Chile. Es importante destacar que solo Brasil se aproxima a la superficie sembrada de avena para grano de Argentina (mas de 260.000 ha), ya que Chile siembra unas 95.000ha, Perú 70.000ha y Uruguay 45.000 ha siendo Chile el país de mayor rendimiento en la región (Beratto M. 2006).

Argentina produce unas 500 mil toneladas, buena parte de ellas sobre cultivos doble propósito (forraje primero y luego grano), con un promedio

nacional de 2.1 toneladas por hectárea (SAGPyA 2008). Lo destinado a industria alimenticia no superaría las 20 mil toneladas. El área de producción de grano se encuentra en el centro sud de la provincia de Buenos Aires. En el área de influencia de la Chacra Experimental Integrada Barrow (partidos de Adolfo G. Chaves, Coronel Dorrego, San Cayetano y Tres Arroyos) en la campaña 2006/07 se sembraron 60.000 ha de avena para grano. (Forjan y Manso 2007).

En nuestro país se cultivan dos especies del género avena, *Avena sativa* L. (avena blanca) y *Avena byzantina* C. Koch (avena amarilla), cada una de ellas con un cierto número de cultivares. La avena blanca se usaba principalmente para la producción de grano de alta calidad industrial, caracterizada por el mayor tamaño del cariopsis, alto peso de hectolitro y alto porcentaje de grano pelado en relación a grano entero. La avena amarilla se empleaba con fines forrajeros. Las características morfológicas que las diferenciaban (color blanco o amarillo de los antecios, articulación de la raquilla y de los antecios entre sí) han dejado de ser en la actualidad, apropiadas para diferenciar los cultivares de ambas especies de avena debido a los cruzamientos interespecíficos para su obtención. Por lo tanto ya no es conveniente hablar de avenas blancas o amarillas.

2. La planta

La avena tiene una serie de características fenológicas comunes a otras gramíneas, y comparte las mismas exigencias climáticas. Fue domesticada cuando el trigo y la cebada se fueron alejando del centro de origen hacia

regiones con clima más frío, húmedo y de gran insolación. La adaptación de la avena se limita a medida que aumenta la temperatura media de la región.

La planta está constituida por un tallo principal erecto que sustenta las hojas y la inflorescencia. Las hojas emergen en intervalos aproximadamente regulares, dependiendo de la temperatura. Normalmente cada 100 grados acumulados emite una hoja (Mundstock 1994).

La inflorescencia de la avena es una panoja (Figura 1). Consta de un eje principal, que es una continuación del tallo y que se denomina raquis; este posee nudos de los cuales se desarrollan los verticilos que constan de varios raquis secundarios. A partir de estos se originan los pedicelos que sostienen en sus extremos las espiguillas que tienen un número variable de flores, de dos hasta siete según especie y variedad (Coffman 1977) (Figura 8). Las espiguillas están protegidas por las glumas ventral y dorsal. Cada flor tiene externamente la lemma y la pálea que abrigan el androceo formado por tres estambres (con filamento y anteras) y el gineceo formado por el ovario, un estilo bifido y un estigma plumoso. En la base de las flores hay dos lodículas, las cuales en el inicio de floración ganan turgencia y fuerzan la apertura de la lemma y de la pálea permitiendo la salida de las anteras. Después de la fertilización se secan rápidamente, cerrando nuevamente las flores (Kaufman y Brock 1992).

Por ser una planta autofecundada, hay una buena sincronía en la maduración del androceo y el gineceo, y la autofecundación comienza de la parte superior de la panoja hacia abajo y de la parte más externa hacia el raquis, completándose en alrededor de 8 días la fecundación de todas las flores de la panoja (Federizzi et al 1999).

El fruto maduro es un cariopsis o grano rodeado por dos cubiertas protectoras altamente silicificadas, la lemma (cubierta dorsal) y la pálea (cubierta ventral) denominadas en conjunto cáscara (Figura 2, 3 y 4). En las avenas de grano desnudo la cáscara no está adherida al grano.

Externamente en el cariopsis se puede ver el embrión en la parte basal, el escutelo, el cepillo que es un conjunto de pelos en la parte distal del grano y tricomas (pelos) que cubren la superficie, y en la cara ventral el surco.

Hay algunos aspectos físicos como el peso hectolítrico, el desarrollo ó calibre de grano (compuesto por tamaño, forma y uniformidad del grano), la relación cáscara grano, el peso de mil granos, las avenas dobles, la adherencia cáscara pepita, entre otros, que son importantes para las avenas molineras. En cuanto a tamaño y forma, el ancho debería ser de un 30 a 35% del largo (normalmente 8-9 mm de largo por 2,5 a 3 mm ancho) (Figuras 5 y 6). Aquellas avenas que tienen más de 3 mm de ancho, tienen dificultad para ser separadas de la cebada, por lo tanto no son deseables. La uniformidad en el tamaño de grano incide en la uniformidad del producto final y en la disminución de pérdidas durante el procesamiento. La cáscara no contribuye al contenido energético total del grano y disminuye la eficiencia de transporte y almacenaje, sin embargo cumple un rol importante protegiendo a la pepita de daños en el manipuleo y del ataque de patógenos. Los porcentajes de cáscara son variables, en algunos materiales representa el 26 al 28% del grano, y es deseable disminuir esa relación. En peso de mil granos por cada por ciento de mejoramiento en el peso de la avena, determinará 2 a 3 % de aumento en el rendimiento molinero. Las avenas dobles generalmente son antecios que han desarrollado uno o dos pequeños granos, o que la cáscara del grano primario

envuelve al grano secundario, usualmente son pocos desarrollados y el porcentaje de cáscara respecto al grano es muy alto (Figura 7). Los elementos causales de las avenas dobles son el medio ambiente y la variedad. Es favorable para la industria que las avenas se pelen con facilidad, avenas de grano de difícil pelado han sido descartadas por la industria, mientras que avenas que se desprenden muy fácilmente de las cáscaras pueden ser descartadas porque se aumenta el porcentaje de granos pelados en la trilla, y eso implica un castigo en la comercialización (Trombetta 1988).

Entre los aspectos químicos están el contenido de proteína, de aceite y de fibra. La avena tiene alto porcentaje de proteína, factor muy influenciado por el medio ambiente y el genotipo, aunque el balance de aminoácidos esenciales permanece constante ante variaciones en la concentración de proteínas del grano. Porcentajes de aceite en pepita entre 5 y 9 % son citados por Webster (1996) para avenas americanas, mientras que en avenas argentinas se han hallado valores entre 2.8 y 7.4% sobre grano entero (Wehrhahne et al 2007). Las fibras son valoradas por los beneficios para la salud, entre ellas las fibras solubles, beta glucanos, que tienen efecto reductor de los niveles de colesterol sérico. Por éste atributo la avena ha sido reconocida en Estados Unidos (1997) y en Brasil (2000) como un alimento saludable (De Francisco 2002).

Estas características morfológicas y anatómicas están ligadas a parámetros de calidad como se verá mas adelante en la Introducción de la parte I.



Figura 1. Panoja de avena



Figura 2. Izquierda grano.
Derecha cariosopsis (pepita).



Figura 3. Granos de avena. Se observa el surco.



Figura 4. Pepitas de avena, se pueden ver los tricomas y el cepillo.



Figura 5. Diferencias en tamaño y forma de grano



Figura 6. Diferencias en tamaño y forma de pepitas.



Figura 7. Granos dobles



Figura 8. Granos de espiguillas de una y dos flores (derecha).
Granos de espiguillas de cuatro y tres flores (izquierda).

3. Cultivares

Suregrain es un cultivar de *Avena sativa* introducido de Estados Unidos y registrado en 1970, que produjo un fuerte impacto en el cultivo y desplazó en pocos años a las tradicionales avenas amarillas, dominando por décadas el panorama varietal argentino. Suregrain además de brindar forraje permitía cosechar más grano y de muy buena calidad usado por la industria. En la actualidad solo se siembran unas pocas hectáreas, pero sigue siendo un referente de calidad de grano.

A partir de la década del 90 se registraron nuevos cultivares, algunos seleccionados en Argentina y otros introducidos. Se contó con el aporte de variabilidad genética del Programa "Breeding Oat Cultivars Suitable for Production in Developing Countries, (desarrollados por las Universidades Americanas de Wisconsin, Texas, Florida, Minnesota, Louisiana, con el apoyo financiero de la empresa Quaker Oats Co.) Así surgieron Cristal INTA (1991) y Milagros INTA (2002), seleccionados en INTA Bordenave. Bonaerense Payé (1991), Bonaerense INTA Calén (1998), Bonaerense INTA Maja (1998) y Bonaerense INTA Canai (2003) registrados por la Chacra Experimental Integrada Barrow (CHEIB). El Criadero Buck introdujo desde Uruguay INIA LE Tucana en 1996, y en 1998 INIA Polaris, mientras que el Criadero Don Mario registró U 16 en 2001 proveniente del Programa de Mejoramiento de la Universidad Federal de Rio Grande do Sul, Brasil.

Más recientemente se inscribieron Aurora INTA, Graciela INTA, Rocío INTA y Violeta INTA, todas del Programa de Mejoramiento de Bordenave, de buena producción de forraje, mientras que Aurora y Violeta asimismo tienen buena producción de grano.

La incorporación de cultivares al mercado producida en los últimos años, es un hecho inédito en la historia del cultivo en Argentina (Carbajo 2007, comunicación personal)

4. La avena en la alimentación

El uso de grano de avena en la alimentación humana se remonta a tiempos históricos, y en la actualidad la valorización de algunas propiedades favorables para la salud y su incorporación en nuevos productos como cereales para desayuno y golosinas han contribuido a aumentar su consumo. Desde el punto de vista nutritivo es un grano muy completo por tener altos valores de proteína con un buen balance de aminoácidos, carbohidratos y fibras y se considera que el contenido de betaglucanos contribuye a disminuir el colesterol en sangre (Peterson 1992 y 2002; Forsberg y Reeves 1992, Webster 1996).

La calidad del grano de avena se compone de parámetros físicos y químicos; entre los primeros se cuentan el peso hectolítrico, el desarrollo de grano y el contenido de pepita.

El peso hectolítrico es un indicador de la calidad comercial, alto peso hectolítrico se asocia con alta calidad industrial de grano (Doehlert y Mc Mullen 2008), mientras que es el principal indicador del valor monetario de la avena (Trombetta 1994, Ganssmann y Vorwerck 1995, Doehlert y Mc Mullen 2008).

El desarrollo de grano es de importancia en la industria alimenticia, ya que granos llenos y uniformes junto con bajos porcentajes de cáscara contribuyen a lograr mayor rendimiento industrial (Federizzi 2002, Floss et al 2002, Gatto et al 2005).

El porcentaje de pepita es la relación entre el grano sin cubiertas respecto del grano entero, y es el factor que mas afecta el rendimiento molinero (Ronald et al 1999, Doehlert et al 2006). El tamaño de la pepita determina el máximo tamaño de las hojuelas que se podrán obtener. El tamaño relativo de la pepita respecto del grano puede influenciar el peso hectolítrico.

Entre los factores químicos están el contenido de proteína, de aceite y de beta glucanos.

Correlaciones positivas, aunque de poca magnitud fueron halladas por Scherrer-Montero et al (2003) entre tamaño de grano y tenor de proteína y lípidos, concluyendo que características físicas y químicas de los granos de avena se pueden combinar para lograr líneas mejoradas con granos grandes y de alto tenor de proteínas, fibras y lípidos.

La industria requiere avenas con un contenido de humedad inferior a 13 %, de un peso hectolítrico mayor a 50 kg/hl, libre de insectos, con menos de 5% de semillas extrañas y menos de 0.1 % de granos manchados (Trombetta 2001).

Varios factores pueden afectar la producción y la calidad del grano, entre ellos el genotipo, el ambiente, las enfermedades y plagas.

Entre las enfermedades foliares las royas de la hoja (*Puccinia coronata f. sp. avenae*) y del tallo (*Puccinia graminis f. sp. avenae*) son las que mayor impacto tienen en la producción. El rendimiento y la calidad de granos puede ser reducida en mas de 30%, pudiendo llegar hasta 50% en cultivares susceptibles, dependiendo del nivel de incidencia de la enfermedad (Martinelli et al 1994). Las mismas están asociadas de forma altamente negativa con

rendimiento, peso hectolítrico y peso de mil semillas, y está muy relacionado con el genotipo (Holland y Munkvold 2001, Chaves et al 2002).

Argentina cuenta con condiciones agroecológicas muy favorables para la producción de avenas graníferas, con el desarrollo de nuevas variedades de alto potencial de rendimiento y tecnología adecuada (manejo del lote, fertilización, control de malezas y de enfermedades) podría proveer de grano de calidad industrial a potenciales mercados (Wehrhahne y Carbajo 1994; Wehrhahne y Molfese 2002). Fusé y Chidichimo (2001) encontraron bajo peso hectolítrico, dificultad en el descascarado y un bajo porcentaje de cariopsis en antiguos cultivares.

En los últimos años se han incorporado al mercado nuevos cultivares con distintas características de grano, que aportaron mayor productividad, mejor comportamiento agronómico y sanitario (Wehrhahne 2005); por lo tanto resulta de interés evaluar su calidad molinera.

HIPOTESIS

El peso hectolítrico podría transformarse en un buen estimador de la calidad industrial, además de la comercial, si se pudiese caracterizar la influencia del desarrollo de grano, del peso de mil granos, del porcentaje de pepita, y el porcentaje de proteína sobre él.

OBJETIVO GENERAL

El presente trabajo plantea evaluar los principales parámetros físicos que aportan a la calidad del grano de avena citados en la introducción, dada la ausencia de investigaciones que analicen en forma conjunta dichos parámetros para cultivares de avena difundidos en Argentina.

En base a los datos de distintos ensayos a campo y de determinaciones de laboratorio con relación a la producción y a la calidad de grano de avena en diferentes situaciones, y a los antecedentes bibliográficos se proponen los siguientes objetivos:

OBJETIVOS PARTICULARES

1- Evaluar un grupo de 10 cultivares de avena (6 argentinos y 4 introducidos) y caracterizar la variabilidad existente para las siguientes características: peso hectolítrico, peso de mil granos, desarrollo de grano, porcentaje de pepita y porcentaje de proteína. Evaluar la relación existente entre peso hectolítrico y peso de mil granos, lo mismo con desarrollo de grano, contenido de pepita del grano y porcentaje de proteína de los diferentes cultivares.

2- Determinar el rendimiento industrial para esos cultivares y evaluar su relación con los parámetros físicos citados.

3- Proponer un índice de calidad con la información generada que sirva para ponderar la calidad en forma práctica y económica, que pueda ser usado para asistir a los programas de mejoramiento.

Para una mejor comprensión el trabajo se dividirá en dos partes, la primera referida a los parámetros de calidad y la segunda al rendimiento industrial y el índice de calidad.

Parte I

PARAMETROS DE CALIDAD

INTRODUCCION

El concepto de calidad de grano es ambiguo y difuso. Generalmente el que emplea el productor no es el mismo que utiliza el sector comercial ni tampoco el industrial, aunque algunas características sean comunes. La calidad de grano incluye conceptos morfológicos, características físicas, industriales y bioquímicas, tanto del grano cubierto como del grano pelado de avena. Avenas con alto contenido de proteína y beta glucanos y bajo contenido de aceite son deseables para la alimentación humana. Avenas con alta proteína, alto contenido de aceite y bajo en beta glucanos se prefieren para alimentación animal.

Los granos de avena llenos y uniformes son preferidos por la industria molinera. Los indicadores convencionales de la calidad industrial de avena incluyen al peso hectolítrico, el porcentaje de pepita (relación grano-cáscara) y el peso de mil granos. Estos difieren con los cultivares y son afectados por las condiciones ambientales de cultivo (Bridger et al 1996, Ronald et al 1999). Otras características que se consideran en una avena molinera son el desarrollo de grano y el contenido de proteína (Marshall y Kolb 1986).

Los mejoradores han seleccionado por peso hectolítrico, peso de grano y porcentaje de pepita (Forsberg y Reeves 1992). Estos caracteres son afectados por el ambiente de producción y por factores genéticos, y numerosos trabajos citan la interacción genotipo ambiente y la acción del genotipo y el ambiente sobre la composición del grano (Floss 1998; Burke et al 2001; Doehlert et al 1999, 2000, 2006; Peterson et al 2005). Según Barbosa Neto et al (2000) en Brasil en los últimos 40 años el índice de cosecha, el peso de mil granos y el peso hectolítrico son los caracteres con mayor ganancia genética.

1. Peso hectolítrico

La calidad física de los granos se determina en la actualidad a través del peso hectolítrico y por la relación grano/cáscara. El peso hectolítrico es una medida estándar en el comercio de granos, y es usada rutinariamente por los mejoradores de avena como una primera medida de calidad de los genotipos (Marshall y Kolb 1986), aunque no siempre refleja el contenido de pepita.

El peso hectolítrico da una idea del llenado de los granos, y por lo tanto es de valor, además, en el almacenaje y transporte (Pomeranz et al 1979). Un alto PH no solo determina que una mayor cantidad de producto se puede transportar ó guardar en un determinado volumen, sino que también, es considerado como una característica deseable para la molienda junto con el tamaño, la limpieza y otros factores del grano.

En trigo el peso hectolítrico es un factor de gran importancia en la definición de la calidad comercial, en el precio y particularmente en la calidad industrial. Este es un carácter complejo e intrincado e influenciado por numerosos factores tales como suelo, disponibilidad de agua, temperatura, enfermedades, lluvias pos madurez (Polidoro et al 2004; Mockel et al 1984). Los valores mas altos de PH se consiguen cuando el grano se seca lentamente y por única vez; ya que en los procesos de sorción y desorción de agua de sucesivos humedecimientos y secados del grano se producen cambios de volumen y de peso (Gonzalez 2008). El PH en avena varía en función de las condiciones ambientales, localidad, año de cultivo, época de siembra y tratamiento cultural (Forsberg y Reeves 1992; Floss 1998). Condiciones desfavorables en llenado de grano, como falta de precipitaciones, vientos

fuerzas y desecantes junto a altas temperaturas, influyen negativamente sobre este carácter. Del mismo modo, lluvias persistentes previas o durante la cosecha, cultivos volcados por acción de la lluvia y el viento y en ocasiones exceso de nitrógeno pueden llevar a la pérdida de peso hectolítrico (Bridger et al 1996; Burke et al 2001).

El PH puede estar influenciado por factores intrínsecos (tamaño, forma, densidad, aspereza del pericarpio, humedad, etc.) y extrínsecos al grano (materias extrañas, compactación).

En trigo el peso hectolítrico está asociado con el peso de los granos (Abbate et al 2001) y con el contenido de proteína.

En avena Forsberg et al (1974) encontraron una correlación positiva entre peso hectolítrico y concentración de proteína en pepita.

2. Peso de mil granos

El peso de los granos, está controlado principalmente por el balance entre la cantidad de destinos y la cantidad de fotoasimilados para llenarlos. La dimensión de la relación fuente/destino de un cultivo está gobernada por el ambiente, las características propias del cultivar y por el manejo del cultivo. A medida que aumenta la cantidad de granos, el peso medio por grano generalmente se reduce, como ocurre en tratamientos con nitrógeno en macollaje, particularmente en cultivares de alto rendimiento y cuando es seguido por sequías durante el llenado. Nornberg et al (2007) hallaron una correlación negativa y significativa entre número de granos y peso medio de los mismos, indicando que la selección para incremento en el número de granos resulta en menor peso de los mismos.

Durante el llenado de grano, el déficit hídrico acelera la senescencia foliar y reduce la eficiencia de conversión de la radiación interceptada disminuyendo el peso del grano, esto sucede en mayor medida cuando el número de granos por m² es alto (Abbate et al 1994).

En avena suelen diferenciarse 2 ó 3 flores por espiguilla, y rara vez una cuarta que generalmente no da grano o es muy pequeño. Es deseable en las avenas para grano que no se forme un tercer grano, ya que esto implica una diferencia importante en el tamaño de los mismos, lo que se traduce luego en inconvenientes a la hora de la molienda y en menor rendimiento industrial.

3. Desarrollo del grano

El tamaño, forma y uniformidad de los granos se conoce como desarrollo de grano y se determina midiendo el calibre (Dllo).

En avena los granos provienen de espiguillas multifloras, que pueden contener dos, tres o mas granos, por lo tanto el tamaño no es uniforme. El grano superior, llamado grano primario o principal es el de mayor dimensión, seguido por el secundario, terciario, etc. Doehlert et al (2002) encontraron que el grano primario de espiguillas trifloras era el mas grande y comparado con granos primarios de espiguillas bifloras era significativamente mayor. Es un parámetro que tiene un componente genético y está muy influenciado por el ambiente, especialmente por las condiciones durante el llenado del grano. La ausencia de granos terciarios aporta a la uniformidad de los mismos, así el grano primario y el secundario serán mas uniformes en tamaño, forma y llenado, esto junto a menor porcentaje de cáscaras darán mayor rendimiento industrial.

La uniformidad y tamaño de granos de avena para industria alimenticia es muy importante porque en el procesamiento generalmente se separan los granos por tamaño con zarandas antes del pelado. Los granos más pequeños requieren de mayor velocidad del rotor para obtener la misma eficiencia de pelado que los granos más grandes. Esto puede llevar a una excesiva rotura de granos, mientras que menor fuerza de impacto puede llevar a baja eficiencia de pelado (Doehlert y Mc Mullen 2006). Por lo tanto granos más homogéneos en tamaño permitirían un mejor ajuste mecánico, optimizando el pelado y en consecuencia la eficiencia molinera. La relación entre uniformidad en el tamaño y el porcentaje de pepita es bien conocida por los molineros, que clasifican por tamaño y luego pelan tratando de maximizar el rendimiento molinero (Ganssmann y Vorwerck 1995).

En cuanto a forma, en un estudio realizado con 5 cultivares brasileros De Francisco et al (2002) observaron que los cultivares de granos largos tuvieron mayor rendimiento industrial que los de granos más esféricos y cortos debido a que éstos tenían mayor facilidad de quiebra durante el descascarado; y además los cultivares de granos pequeños produjeron un bajo rendimiento industrial.

4. Porcentaje de pepita

La industria alimenticia emplea la pepita, es decir el grano sin las cubiertas. El porcentaje de pepita (PEP) o relación grano/cáscara es uno de los parámetros más confiables para determinar la calidad física e industrial de los granos (Souza y Sorrells 1988, Beratto 2007). Los granos llenos de cáscara

fina y sin sobreposición entre la lemma y la palea dan mayores porcentajes de pepita. Avenas con granos dobles, aquellos dónde el grano secundario está envuelto por la lemma del primario, con un grano principal reducido o ausente, dan menores porcentajes de pepita que los granos simples. Es conveniente que el grano empleado para alimentación humana o animal tenga el menor contenido de cáscara, dado que esta tiene un alto contenido de fibra (36.1%, Kent 1987) y bajo contenido de proteínas (1.4 a 1.9%, Youngs y Senturia 1976, Youngs y Forsberg 1987).

El porcentaje de pepita es un parámetro de importancia para evaluar la eficiencia o rendimiento industrial de las avenas de grano cubierto.

Valores máximos de 26 % de cáscara son sugeridos por Ganssmann y Vorwerck (1995), o sea con 74% de pepita. Este carácter puede variar en función de los genotipos, año de cultivo, clima y manejo del cultivo (Forsberg y Reeves 1995). Valores entre 65.1% y 76.6% de pepita son citados para avenas argentinas por Fusé y Chidichimo (2001).

La remoción de las cáscaras se hace a través de máquinas peladoras en la industria, mientras que a nivel experimental se puede hacer en forma manual. Doehlert et al (1999) hallaron una alta correlación entre el pelado mecánico y el manual.

5. Proteína

Los granos de cereales representan la principal fuente de proteína para alimentación humana y animal en todo el mundo. La avena es conocida por su alto tenor y calidad proteica. En términos generales puede decirse que el maíz tiene un 9%, la cebada un 10%, el arroz y el trigo un 11%, y la avena con

cáscara un 12.5 %. En ensayos realizados en la Chacra Experimental Integrada Barrow, con fertilización nitrogenada y con altos rendimientos, el cultivar Calén superó los porcentajes de proteína de cebada y trigo (15.0, 10.8 y 11.3% sobre sustancia seca respectivamente) (Wehrhahne 2006a).

Es una proteína de alto valor biológico por el buen balance de aminoácidos (Berzonski y Ohm 2000; Floss 2005). Es rica en lisina y es relativamente estable, a diferencia de otros cereales en los que cambios en la concentración de proteína generan cambios en las proporciones de aminoácidos (Peterson 1992).

El contenido y la calidad de proteínas en los granos son muy influenciados por el factor genético y también por factores ambientales. Valores entre 12.4 y 24.4 % de proteína fueron hallados al analizar una colección mundial de 286 muestras de avena (Peterson 1992). Estudios realizados en INIA Carillanca (Chile) con doce variedades de avena citan un promedio de 9.2% de proteína, en un año de altos rendimientos; mientras que Gatto (2005) en Brasil halló un promedio de 15.3%.

En Barrow 220 muestras provenientes de ensayos de las campañas 2004, 2005 y 2006 incluyendo testigos comerciales y líneas experimentales, dieron un contenido de proteína en grano entero de 13.3 a 19.1 %; de 10.4 a 16.8% y 11.5 a 17.3% sobre sustancia seca, para cada uno de los años mencionados. Esos valores representarían contenidos en pepita entre 17.7% a 25.1%; 14% a 22.1% y 15.4 a 22.8% (Wehrhahne et al 2007).

En general para un mismo genotipo el contenido proteico del grano se relaciona en forma negativa con el rendimiento de grano (Carbajo comunicación personal, 2007).

Los Programas de Mejoramiento han procurado la selección por sanidad, además de comportamiento a frío, resistencia a vuelco y a desgrane, y por supuesto rendimiento de forraje y rendimiento y calidad de grano.

Afortunadamente en los últimos años se han registrado nuevas variedades, con distintas características agronómicas, mejor comportamiento sanitario y mayor productividad, que tienden a mejorar algunos aspectos del cultivo y la calidad del grano (Wehrhahne, 2005). Por lo tanto resulta de interés evaluar su calidad molinera y compararla con los antiguos cultivares.

Objetivo de la Parte I

1- Evaluar un grupo de 10 cultivares de avena (6 argentinos y 4 introducidos) y caracterizar la variabilidad existente para las siguientes características: peso hectolítrico, peso de mil granos, desarrollo de grano, porcentaje de pepita y porcentaje de proteína. Evaluar la relación entre peso hectolítrico y peso de mil granos, peso hectolítrico y desarrollo de grano, peso hectolítrico y contenido de pepita del grano, peso hectolítrico y porcentaje de proteína de los diferentes cultivares.

MATERIALES Y METODOS

1. Material y manejo de ensayos

Los cultivares comerciales que participaron de éste trabajo fueron 10, seis argentinos y cuatro introducidos. Suregrain, Bonaerense Payé, Cristal INTA, Bonaerense INTA Maja, Bonaerense INTA Calén, Bonaerense INTA Canai, Milagros INTA, INIA LE Tucana, INIA Polaris y U 16.

Los ensayos fueron sembrados en la Chacra Experimental Integrada Barrow en un suelo franco arcilloso, con tosca a una profundidad variable entre 40 y 70 cm. En los dos años anteriores el lote se destinó a colza y luego a potrero.

La preparación del suelo para campo experimental se realizó con labranza mecánica y se controlaron las malezas con herbicida en el período de barbecho. Previo a la siembra se fertilizó con 200 kg/ha de fosfato diamónico (dosis empleada en el campo experimental) y se incorporó con cultivador de campo.

Las parcelas sembradas fueron de 7 surcos distanciados a 0.18 m y de 5, 60 m de largo, de los cuales se cosecharon los 5 centrales, previo corte de los bordes cosechando una superficie de 5m².

El diseño fue en bloques completos al azar con 3 repeticiones.

Análisis de suelo:

	2004	2005
Fósforo ppm	23.7	29.5
Nitrógeno (ppm NO ³ 0-60)	253	171
Materia Orgánica %	4.5	5.1

Año 2004

La siembra se realizó con adecuadas condiciones de humedad y se logró un nacimiento uniforme. Se sembró el 12 de julio y emergió el 30 de julio.

Se aplicó un herbicida pre emergente (1.8 lt/ha de Fluorocloridona) y en macollaje se aplicó Peak Pack (Prosulfurón + Triasulfurón + Dicamba) en dosis comercial para controlar apio cimarrón y sanguinaria.

Año 2005

Se sembró el 7 de julio y emergió el 31 de julio, con poca humedad pero se logró una emergencia uniforme.

Se logró un buen control de malezas de hoja ancha, aplicando en preemergencia 2.0 lt/ha de Fluorocloridona y en macollaje se aplicó Peak Pack (Prosulfurón + Triasulfurón + Dicamba) en dosis comercial. Se debió efectuar control manual de Avena fatua (cebadilla).

2. Determinaciones

Las muestras fueron acondicionadas pasando por una aventadora para eliminar los restos de paja y polvo que pudieran contener, se pesaron y se determinó humedad según Norma IRAM 15850. Los pesos fueron corregidos a una humedad de 13 %.

El peso de mil granos (PMG) se realizó según Norma IRAM 15853 con un contador de granos PFEUFFER.

El peso hectolítrico (PH) se realizó con balanza de Schopper, haciendo la conversión por tabla a kilogramos por hectolitro, según resolución SAGPyA 557/97.

El porcentaje de pepita (PEP) se determinó pelando a mano dos muestras de 10 gramos cada una y haciendo la relación de peso de grano desnudo sobre grano entero.

El desarrollo de grano (Dllo) se obtuvo sobre una muestra de 100 gramos, separando los granos por medio de un juego de zarandas de tajo de 2.8; 2.5; 2.2 y 2.0 mm.

El porcentaje de proteína (Prot) se determinó en grano entero por el método NIRT-Aparato Infratec (Tecator, Suecia) y se expresó sobre sustancia seca (sss).

3. Análisis estadístico

Se utilizó un ANOVA Doble, con bloques anidados en cada año, lo que constituye un diseño en "Parcela Dividida" con un Factor Principal (Año) y un Factor Secundario (Variedad). Cuando a través del ANOVA se detectaron diferencias significativas entre las medias de los tratamientos, estas se compararon por medio de la Mínima Diferencia Significativa (DMS de Fisher). Las comparaciones entre cultivares se realizaron cada año por separado cuando hubo Interacción Año x Cultivar, mientras que se trabajó con el promedio cuando no hubo interacción.

Para estudiar las relaciones entre variables se empleó la técnica de correlación lineal de Pearson.

En todos los análisis estadísticos se usó un nivel de significancia $P \leq 0.05$.

Se utilizó Software InfoStat (2007).

RESULTADOS Y DISCUSION

Los resultados se muestran en las Tablas 2 a 8 y los cuadros de varianza 1 a 6 en el Anexo.

Condiciones ambientales de los años de evaluación

En la tabla I se muestran las precipitaciones mensuales, temperaturas medias y número de heladas para los años 2004 y 2005 en Barrow.

Tabla 1. Precipitaciones y temperaturas medias mensuales en CHEI Barrow (años 2004 y 2005)

Mes	2004			2005		
	Lluvia (mm)	Temp. Media (°C)	Nº Heladas	Lluvia (mm)	Temp. Media (°C)	Nº Heladas
Enero	23.9	24.3	0	70.0	22.3	0
Febrero	68.4	20.3	0	194.9	21.5	0
Marzo	30.6	21.2	0	27.0	18.2	0
Abril	125.2	15.6	0	6.9	13.7	2
Mayo	3.4	8.8	8	8.1	11.1	9
Junio	32.2	9.3	6	20.2	8.8	5
Julio	74.1	8.0	8	41.3	8.2	6
Agosto	56.4	9.0	3	52.3	8.5	5
Setiembre	64.6	11.1	3	57.6	10.9	8
Octubre	83	14.1	0	62.4	13.3	2
Noviembre	61.5	17.2	0	92.5	18.2	1
Diciembre	126.4	21.7	0	52.5	18.8	0
Total	749.7		28	685.7		38

En términos generales el año 2004 se caracterizó por un registro pluviométrico normal (siendo el segundo semestre mas lluvioso), menor número de heladas y registros térmicos mas elevados (Borda 2005). Las condiciones agro climáticas permitieron la expresión de altos rendimientos en el cultivo de avena. Las temperaturas de octubre y parte de noviembre fueron frescas, convenientes para el llenado de granos. En la última semana de noviembre las temperaturas máximas se elevaron, estando entre 28 y 32°C, ocurriendo una precipitación de solo 13 mm. Esta situación provocó un secado prematuro de hojas, ya que los cultivos habían desarrollado una biomasa importante por las condiciones favorables previas, y más notorio en algunas variedades, lo que finalmente se tradujo en menores rendimientos a los esperados, según el aspecto que presentaban las parcelas hasta ese momento.

Tales condiciones ambientales propiciaron un leve ataque de roya de la hoja (*Puccinia coronata*), y un ataque moderado de roya del tallo (*Puccinia graminis*). A pesar de ello los rendimientos obtenidos fueron muy buenos.

El año 2005 tuvo un registro pluviométrico inferior a lo normal, con una irregular distribución de las lluvias. El número de heladas fue menor al promedio, las temperaturas máximas más elevadas y las mínimas muy fluctuantes. La pluviometría abundante de febrero favoreció los barbechos. A partir de ese momento la escasez de lluvias de importancia fue constante hasta comienzo de primavera (Borda 2006).

La evolución del cultivo fue buena, a pesar de que las lluvias en el período vegetativo fueron escasas limitando el crecimiento y el macollaje. Precipitaciones ocurridas a fines de setiembre y principio de octubre

permitieron la recuperación de los cultivos y la diferenciación de un adecuado número de flores fértiles. Hubo varias heladas, la mayoría de ellas de poca intensidad y duración, excepto la del día 30 de octubre que duró algo más de 10 horas y llegó a $-3.4\text{ }^{\circ}\text{C}$ al abrigo. Esta pudo haber afectado algunas flores, si bien no causó mayor impacto dado que el descenso y ascenso de la temperatura fue gradual y con viento en calma, en trigo se evaluaron pérdidas entre 20 y 25 % en algunas variedades. Los daños pueden considerarse leves si se tiene en cuenta la duración y la temperatura mencionada. Una helada posterior, el 7 de noviembre de -1.6°C tuvo poca relevancia. Lluvias importantes ocurridas en la primera quincena del mes de noviembre (75 mm) y temperaturas moderadas contribuyeron al llenado de granos ayudado por la ausencia de royas, lo que se reflejó en los buenos rendimientos obtenidos.

1. Rendimiento

El análisis estadístico se hizo primero en forma conjunta para los dos años para observar la significancia de cada factor y las interacciones. En el Cuadro I (Anexo) se pueden observar las sumas de cuadrados, los cuadrados medios y los valores de F resultantes con su respectiva significancia.

La interacción Año x Cultivares resultó altamente significativa ($p < 0.0001$), por lo tanto las comparaciones entre cultivares se realizaron para cada año separadamente (Tabla 2).

Tabla 2. Rendimiento en kilos por hectárea año 2004, 2005 y promedio. Comparación de cultivares para cada año separadamente (2004 y 2005).

Cultivares	2004 Kg/ha	2005 Kg/ha	Promedio Kg/ha
B.I. Calén	4916 a	3937 ab	4427
B.I. Canai	4671 ab	4093 a	4382
B. Payé	4850 a	3626 bc	4238
B.I. Maja	4268 bc	3683 bc	3976
Milagros I.	4346 bc	3111 d	3728
U 16	4024 c	3014 de	3518
I. Polaris	4002 c	3001 de	3501
Suregrain	3337 d	3284 cd	3310
Cristal I.	3327 d	2951 de	3139
I. Tucana	2275 e	2648 e	2462

DMS 5% 407.02

Letras asignadas alfabéticamente de mayor a menor valor medio.

Letras iguales en la misma columna, no difieren al 5%

Se hallaron diferencias significativas entre los promedios de los dos años ($p < 0.05$). El rendimiento promedio del año 2004 fue de 4002 kg/ha y el de 2005 de 3335 kg/ha, superando varios materiales los 4000 kg/ha el primer año, lo que significa un alto rendimiento para éste cultivo en nuestra zona, aunque dista de los 5.5 y hasta 6 t/ha que se han logrado con algunos cultivares en ensayos y también en lotes de productores (Wehrhahne 2004 y 2005). De cualquier modo se trata de producciones muy interesantes para suelos con limitantes de profundidad como los del sitio de ensayo y en las condiciones ambientales descriptas.

El menor desarrollo foliar alcanzado en 2005 y la competencia ejercida por *Avena fatua* (cebadilla) influyó en el rendimiento. Esta maleza no se puede controlar en forma química en avena y se debió sacar a mano. Si bien hubo una recuperación del cultivo con las precipitaciones de setiembre y octubre, probablemente ésta recuperación de área foliar no fue suficiente como para interceptar toda la radiación incidente.

Cuando se comparan estos rendimientos con el promedio nacional (2.1 t/ha) hay que tener presente que en éste último además de estar reuniendo datos de lugares muy diversos, muchas de esas producciones obedecen a lo que denominamos doble propósito, es decir que son cultivos implantados para producir forraje y luego de uno o mas aprovechamientos se cosecha grano.

También fue altamente significativa la diferencia entre cultivares. Calén, Canai, Payé, Maja, Milagros, Polaris y U 16, difirieron significativamente de Suregrain, Cristal y Tucana en 2004, mientras que en 2005 Calén estuvo en el mismo nivel de rendimiento de Canai que se diferenció significativamente de los 8 cultivares restantes. Los rendimientos del segundo año de Milagros, Polaris y U 16 fueron inferiores a lo esperado, probablemente por pérdida de flores efecto de las heladas.

Como se puede observar en ambos años el cultivar Tucana fue el de menor rendimiento.

La baja incidencia de las royas en estas campañas favoreció la producción de Payé y Maja, cultivares muy susceptibles.

2. Peso hectolítrico

Según se informa en el Cuadro II (Anexo) el ANOVA realizado en forma conjunta para los dos años, indicó que la interacción Año por Cultivares resultó altamente significativa ($p < 0.0003$), por lo tanto las comparaciones entre cultivares se realizaron para cada año separadamente (Tabla 3). También resultó altamente significativa ($p < 0.0001$) para cultivares. No se detectaron diferencias entre los promedios de los dos años 51.28 y 51.24 kg/hl respectivamente ($p = 0.9002$).

Tabla 3. Peso hectolítrico en kilos por hectolitro año 2004, 2005 y promedio. Comparación de cultivares para cada año separadamente (2004 y 2005).

Cultivares	2004 Kg/hl	2005 Kg/hl	Promedio Kg/hl
Milagros I.	53.45 a	53.75 a	53.60
Cristal I.	52.07 bcd	52.53 ab	52.30
U 16	52.27 abc	51.92 bc	52.09
Suregrain	50.87 d	52.83 ab	51.85
B.I. Calén	52.75 ab	50.32 de	51.53
B. Payé	51.50 bcd	51.02 cd	51.26
B.I. Canai	50.88 d	51.58 bcd	51.23
I. Polaris	51.43 cd	50.95 cd	51.19
B.I. Maja	50.83 d	49.42 ef	50.13
I. Tucana	46.30 e	48.45 f	47.38
DMS 5%	1.305		

Letras asignadas alfabéticamente de mayor a menor valor medio.

Letras iguales en la misma columna, no difieren al 5%

Milagros la avena de mayor PH en los dos años, no se diferenció significativamente de U 16 y de Calén en 2004 ni de Cristal y Suregrain en 2005 pero si del resto. Por el contrario Tucana fue la de menor PH en los dos años, diferenciándose estadísticamente del resto de los cultivares los dos años, excepto de Maja en 2005.

En éstos ensayos excepto Maja en 2005 y Tucana los dos años, los demás cultivares cumplen con las condiciones que exige la industria argentina y brasilera, es decir un PH superior a 50 kg/hl. En condiciones de cosecha en gran escala, la regulación de la máquina cosechadora permite despuntar los granos en la trilla pudiendo conseguir que Maja supere los 50 kg/hl que fija la industria. Cutler (1940) citado por Doehlert et al (2006) indica que el PH de una muestra de grano de avena puede incrementarse en 20 a 45% por despunte y pulido del grano. Estos porcentajes de mejora, probablemente se puedan dar en avenas con aristas, ya que la presencia de estas ó de fragmentos de ellas incide negativamente en el PH.

Maja, Payé, Suregrain y tal vez otros cultivares no hubiesen alcanzado ese PH con una presión mayor de royas.

3. Peso de mil granos

El análisis estadístico se hizo primero en forma conjunta para los dos años para observar la significancia de cada factor y las interacciones. En el Cuadro III (Anexo) se pueden observar las sumas de cuadrados, los cuadrados medios y los valores de F resultantes con su respectiva significancia.

No se halló interacción Año x Cultivares ($p>0.45$), por lo tanto las comparaciones entre cultivares se realizaron con el promedio de los dos años (Tabla 4).

No se detectaron diferencias entre los promedios de los dos años ($p>0.65$) (35.7 gramos en 2004 y 36,1 gramos en 2005).

Nornberg et al (2007) no halló interacción genotipo x año al trabajar con 60 genotipos de avena durante los años 2005 y 2006 en Pelotas, Brasil.

Tabla 4. Peso de mil granos en gramos. Comparación de cultivares para el promedio de ambos años (2004 y 2005).

Cultivares	Promedio Gr.
Cristal I.	39.6 a
U 16	39.3 a
B. Payé	38.9 a
Milagros I.	38.2 a
B.I. Canai	37.7 ab
I. Polaris	35.9 bc
B.I. Maja	35.4 c
Suregrain	33.9 cd
B.I. Calén	32.4 d
I. Tucana	27.9 e
DMS 5%	2.081

Letras asignadas alfabéticamente de mayor a menor valor medio.

Letras iguales en la misma columna, no difieren al 5%

Los cultivares Cristal, U 16, Payé y Milagros se diferenciaron significativamente del resto excepto de Canai, que mostró en éstos ensayos un peso de mil granos levemente inferior a lo esperado, lo mismo ocurrió con Calén. La avena de menor peso de mil granos resultó Tucana que fue estadísticamente diferente de todas las demás.

Las dos campañas analizadas presentaron condiciones favorables para el llenado de granos. Si bien en 2004 se produjo una madurez anticipada, los granos formados lograron llenarse bien, aunque si hubiesen continuado las temperaturas frescas del mes de noviembre esos granos hubiesen sido más grandes y pesados. Hubo tercer grano en varios cultivares y hasta un cuarto grano en materiales que no participaron de éste estudio, probablemente esto incidió en el desarrollo de granos. En nuestra región para los cultivares difundidos es muy frecuente la presencia del tercer grano.

En el año 2005 la adecuada temperatura y humedad de los meses de noviembre y diciembre sumado al menor número de granos por metro cuadrado (por el menor número de panojas por metro cuadrado y por la pérdida de algunas flores por helada) permitieron formar granos llenos, que contribuyeron al logro de rendimientos mas elevados de los esperados si se tiene en cuenta las condiciones en que transcurrió el cultivo hasta fines del mes de setiembre, originando espiguillas con uno o dos granos, los cuales pudieron desarrollar en forma normal. Canai, Cristal, U 16, Milagros, Payé y Polaris en todos los ensayos evaluados mostraron un peso de mil granos alto. Tucana fue el cultivar de más bajo peso de grano en todos los ensayos, lo cual indica un fuerte componente genético para este carácter.

4. Desarrollo de granos

Como se puede observar en el Cuadro IV (Anexo), el análisis estadístico dio como resultados que la interacción Año por Cultivares resultó altamente significativa ($p < 0.01$), por lo tanto las comparaciones entre cultivares se realizaron para cada año por separado (Tabla 5).

Tabla 5. Desarrollo de granos en porcentaje año 2004, 2005 y promedio. Comparación de cultivares para cada año separadamente (2004 y 2005).

Cultivares	2004 %	2005 %	Promedio %
B.I. Canai	95.3 a	97.2 a	96.2
B. Payé	94.9 a	96.3 a	95.6
Milagros I.	93.0 ab	95.1 ab	94.0
U 16	94.2 a	93.5 abc	93.8
I. Polaris	89.2 bc	93.0 abc	91.1
Cristal I.	88.1 c	93.5 abc	90.8
B.I. Calén	88.1 c	87.1 d	87.6
B.I. Maja	82.9 d	89.8 cd	86.3
Suregrain	78.3 de	91.0 bcd	84.6
I. Tucana	74.4 e	82.1 e	78.3

DMS 5% 4.733

Letras asignadas alfabéticamente de mayor a menor valor medio.

Letras iguales en la misma columna, no difieren al 5%

Entre los promedios de los dos años se hallaron diferencias significativas ($p < 0.05$), siendo el promedio de 87.8 y 91.8 % para cada año respectivamente. El menor desarrollo en 2004 podría explicarse por el mayor número de granos formados y por una reducción del tiempo de llenado. Variaciones genóticas y

ambientales en el tamaño de grano han sido reportadas (Doehlert et al 2002, 2004)

Se destacaron Canai, Payé Milagros y U 16 el primer año y además de éstas Polaris y Cristal el segundo año, con porcentajes superiores a 90. En 2004 Maja, Suregrain y Tucana fueron las de menor desarrollo del grano, diferenciándose significativamente del resto de los cultivares. Fue particularmente bajo el valor de Suregrain, probablemente por efecto de las royas. Tucana fue la de menor desarrollo en ambos años y esto está ligado al tamaño pequeño de su grano.

5. Porcentaje de pepita

El análisis estadístico indicó que la interacción Año por Cultivares resultó significativa ($p < 0.05$), como se muestra en el Cuadro V (Anexo). Por lo tanto las comparaciones entre cultivares se realizaron para cada año separadamente (Tabla 6). No se detectaron diferencias entre los promedios de los dos años (72.5% en 2004 y 72.7% en 2005) ($p > 0.30$).

Tabla 6. Porcentaje de pepita año 2004, 2005 y promedio. Comparación de cultivares para cada año separadamente (2004 y 2005).

Cultivares	2004 %	2005 %	Promedio %
B. Payé	76.5 a	76.2 a	76.4
Cristal I.	73.6 b	73.2 bc	73.4
U 16	73.5 b	73.2 bc	73.4
I. Tucana	71.7 cd	73.9 b	72.8
B.I. Canai	72.6 bc	71.8 def	72.2
I. Polaris	72.0 cd	72.1 cde	72.1
Suregrain	71.1 d	72.9 bcd	72.0
B.I. Maja	70.9 d	71.6 def	71.3
B.I. Calén	72.0 cd	70.5 f	71.2
Milagros I.	71.1 d	71.1 ef	71.1
DMS 5%	1.384		

Letras asignadas alfabéticamente de mayor a menor valor medio.

Letras iguales en la misma columna, no difieren al 5%

El cultivar Payé se destacó en ambas campañas por su alto porcentaje de pepita, diferenciándose significativamente del resto de los materiales. Estos resultados concuerdan con Trombetta (2001), que asevera que en nuestro país con nuevos cultivares de avena se estaría alcanzando un relación pepita-cáscara de 72:28 muy por encima de las variedades tradicionales de 57:43. Se estima que cuanto mayor es el contenido de pepita, mayor será el rendimiento industrial.

En este estudio los valores variaron entre 70.9 y 76.5% en 2004 y entre 70.5 y 76.2% en 2005.

Los cultivares Payé, Cristal, U 16, Polaris y Milagros tuvieron valores similares en los dos años.

La de menor porcentaje resultó Milagros una avena de grano grande, de la que se esperaría un alto porcentaje de pepita, pero surge de la observación de estos ensayos que tiene una cáscara fuerte que incide bastante en el peso total del grano. Por el contrario, Tucana de grano chico, tiene cáscaras más suaves y livianas, aportando un alto contenido de pepita. Correlaciones negativas halladas por Doehlert et al (1999) entre cáscaras remanentes luego del pelado con el porcentaje de pepitas, sugieren que las cáscaras mas gruesas están asociadas a bajo porcentaje de pepita y son mas difíciles de remover por aspiración. Correlaciones positivas entre quebrado de pepita durante el pelado y porcentaje de pepita sugieren que cáscaras finas proveen menor protección a la pepita durante el proceso, resultando en altos niveles de rotura (Doehlert et al 1999).

Valores entre 40 y 75% de pepita son citados por Beratto (2006) para avenas en Chile, dependiendo de la variedad y condiciones de producción.

En relación a los caracteres indicadores de calidad de grano, Brown y Patterson (1992) afirman que uno de los principales objetivos de los programas de mejoramiento para calidad de grano es la reducción del porcentaje de cáscara. De acuerdo a Forsberg y Reeves (1992), la elección de cultivares con menor proporción o ausencia de cáscara puede ser una medida para mejorar la calidad del grano. En el conjunto de variedades evaluadas se hallaron diferencias significativas para esta característica, que podrían ser consideradas en la elección de progenitores para calidad de grano.

6. Proteína

El análisis estadístico indicó que la interacción Año por Cultivares resultó significativa ($p < 0.05$). Ver Cuadro VI (Anexo). Por lo tanto las comparaciones entre cultivares se realizaron para cada año separadamente (Tabla 7). Se hallaron diferencias altamente significativas entre los promedios de los dos años (14.4 % en 2004 y 12.6% en 2005) ($p < 0.01$)

Tabla 7. Contenido de proteína en porcentaje año 2004, 2005 y promedio. Comparación de cultivares para cada año separadamente (2004 y 2005).

Cultivares	2004 %	2005 %	Promedio %
B.I. Maja	15.3 a	13.0 ab	14.2
I. Polaris	15.1 abc	13.3 a	14.2
B.I. Calén	15.3 ab	12.4 abc	13.8
Suregrain	15.1 abc	12.5 abc	13.8
Cristal I.	14.7 abcd	12.6 abc	13.7
Milagros I.	14.2 cde	12.7 abc	13.5
B. Payé	14.3 bcde	12.4 abc	13.4
U 16	13.6 e	12.7 abc	13.2
B.I. Canai	14.0 de	11.8 c	12.9
I. Tucana	12.3 f	12.0 bc	12.2

DMS 5% 0.982

Letras asignadas alfabéticamente de mayor a menor valor medio.

Letras iguales en la misma columna, no difieren al 5%

Los niveles proteicos alcanzados pueden considerarse muy buenos para ambos años teniendo presente que se trata de un grano cubierto y que además

no hubo aporte extra de Nitrógeno excepto lo aplicado previo a la siembra como fosfato diamónico. El menor contenido de proteína en 2005 podría explicarse por el menor contenido de N inicial ya que en un ensayo en el mismo sitio, se aplicó N sobre el cultivar Calén alcanzando mayor rendimiento y nivel de proteína (4480 kg/ha y 13.7%) (Wehrhahne 2006b).

En 2004 fue mayor la brecha entre el menor y mayor contenido (12.3% Tucana; 15.3 Maja y Calén) y en 2005 osciló entre 11.8% y 13.3% (Canai y Polaris). Esto confirma que el contenido de proteína del grano está influenciado por factores ambientales y genéticos.

7. Relaciones entre el PH y otras variables

En la tabla siguiente se pueden observar los coeficientes de correlación (Tabla 8).

Tabla 8. Coeficientes de correlación (r) entre variables relacionadas.

Variable	PH	Dllo	PMG	PEP	Prot.	Rto
PH	1.00					
Dllo	0.660 **	1.00				
PMG	0.684 **	0.794 **	1.00			
PEP	0.059 ns	0.378 **	0.285 *	1.00		
Prot	0.187 ns	-0.228 n.s.	0.024 n.s.	0.082 n.s.	1.00	
Rto	0.373 **	0.347 **	0.260 *	0.086 n.s.	0.489 **	1.00

PH: peso hectolítrico; Dllo: desarrollo de granos; PMG: peso de mil granos; PEP: porcentaje de pepitas; Prot: porcentaje de proteína; Rto: rendimiento

* significancia a $P < 0.05$

** significancia a $P < 0.01$

En estos ensayos, para el conjunto de 10 cultivares evaluados, encontramos que el PH está correlacionado en forma altamente significativa con PMG (r 0.684), con Dllo (r 0.660) y con rendimiento de grano (r 0.373).

Polidoro et al (2004) obtuvieron una relación semejante para trigo pan entre PH y el PMG (r 0.57).

Contrariamente a lo encontrado por Doehlert et al (2006) y Gatto (2005) no fue significativa la correlación entre PH y PEP, probablemente porque el rango de PH y de PEP en los cultivares de éste estudio no fue muy amplio (PH

46.30 a 53.75 kg/hl y PEP 70.5 a 76.5%). Gatto en Brasil trabajó con 16 cultivares con valores entre 47.4 kg/hl y 55.9 kg/hl de PH y entre 63.3 y 72.4 % de PEP, mientras que Doehlert en Estados Unidos lo hizo con 10 cultivares que oscilaron entre 41.3 y 52.9 kg/hl de PH y 60.0 y 74.1% de PEP.

Tampoco fue significativa la correlación entre PH y Prot. En trigo pan se ha observado una relación inversa entre el PH y el contenido de proteínas, indicando que un PH bajo considerado una propiedad no deseada puede indicar realmente mayor nivel de proteínas (Tkachuk y Kuzina, 1979). En avena Peterson et al (2005) hallaron una relación inversa entre PH y Prot, aunque no significativa, opuesta a la correlación positiva hallada por Forsberg et al (1974).

El Dillo estuvo fuertemente asociado con el PMG (r 0.794); lo cual es esperable ya que granos pesados suponen mayor tamaño. También fue altamente significativa la correlación con PEP (r 0.378) y con Rto (r 0.347).

PEP se correlacionó en forma significativa con PMG (r 0.285).

CONCLUSIONES DE LA PARTE I

Todos los parámetros analizados mostraron diferencias altamente significativas entre cultivares.

Todos los parámetros excepto peso de mil granos presentaron interacción cultivar año, muy significativa para rendimiento, peso hectolítrico y desarrollo de grano; y significativa para porcentaje de pepita y porcentaje de proteína.

Para rendimiento y desarrollo de granos hubo diferencias significativas entre los años, y para proteína fue altamente significativa entre los años.

Para el conjunto de 10 cultivares evaluados en los años 2004 y 2005 el peso hectolítrico tuvo una alta asociación con peso de mil granos, desarrollo y rendimiento de grano.

No se halló correlación significativa entre peso hectolítrico y porcentaje de pepita.

Parte II

RENDIMIENTO INDUSTRIAL – INDICE DE CALIDAD

INTRODUCCION

1. Procesamiento de avena

Las principales etapas del procesamiento de avena son limpieza, clasificación, descascarado, corte de grano, precocción, laminado, secado y envasado.

Inicialmente se realiza una clasificación por zarandas de tajo (2mm x 19 mm), siendo descascarados los granos de un ancho mayor a 2 mm. Los granos inferiores serían descartados para elaborar alimentos para humanos.

El descascarado se realiza por impacto para evitar el quebrado de los granos ya que la mayor parte de los productos se elaboran en forma de hojuelas o láminas, por lo tanto es muy importante la uniformidad de los granos. De ésta forma se minimiza el quebrado y tampoco quedarán muchos granos sin descascarar; ya que los granos grandes se pelan con menor velocidad del rotor que los granos pequeños (Doehlert et al 2006). Luego se procede a separar por ventilación el cariopsis de la cáscara, y pulido para separar los tricomas presentes.

Como la avena tiene un grano con alto contenido de lípidos es fundamental la inactivación térmica de las enzimas lipolíticas responsables de la producción de ácidos grasos libres y la rancidez de los productos elaborados durante el procesamiento industrial.

El precocido se realiza con vapor a alta presión con el objetivo de disminuir el tiempo de cocción, de elevar la vida útil de la materia prima, transformar e inactivar las enzimas que causan la rancidez y mejorar su digestibilidad.

El laminado se realiza con rodillos de acero. Las láminas tienen distinta granulometría según el destino (lámina integral, grande, media o fina). Generalmente los granos que fueron seccionados en dos trozos originan luego láminas grandes. Aquellos que lo fueron en tres producen láminas medianas y en cuatro finas. Cuanto mas pequeñas sean menos cocción necesitarán los alimentos, llegando a los instantáneos que se consumen sin cocción con leche o jugos de frutas. Para granolas se destinan en cambio granos enteros, ya que se prefieren los integrales laminados.

Luego las láminas son secadas, eliminándose el agua absorbida durante la precocción.

Finalmente se produce el envasado al vacío para evitar el intercambio gaseoso que podría causar la oxidación de los mismos (Floss 2005).

2. Peso hectolítrico y Rendimiento Industrial

El peso hectolítrico es el parámetro más antiguo y utilizado para determinar la calidad física en la comercialización del grano de avena. Es un indicador de la calidad del grano y generalmente se asocia un alto peso hectolítrico con una alta calidad. Es un importante y útil estimador de la calidad física de los cereales de grano desnudo como el trigo, triticale, centeno, avena y cebada de grano desnudo, pero no es el mejor en los granos cubiertos ya que la forma, tamaño y volumen es modificado por la palea y la lemma que cubren al grano (Beratto, 2006). En avena el peso hectolítrico es el principal indicador del valor comercial y es un factor importante en la clasificación del grano en el mercado (Doehlert y Mc Mullen 2008)

En Argentina las industrias prefieren avenas con PH superior a 50 kg/hl, siendo éste un primer requisito de calidad. En Brasil además de ese PH mínimo las industrias consideran dos medidas cualitativas más para el recibo de mercadería: el desarrollo de granos y el porcentaje de pepita (Floss et al, 2002).

En otros países se emplea el Rendimiento Molinero como medida de calidad. Representa la cantidad necesaria de grano cubierto para obtener 100 kg de avena pelada (Doehlert et al., 1999). Este es un parámetro que ha comenzado a utilizar recientemente la industria chilena. Beratto emplea un índice, por lo tanto no se expresa en unidades de medida, y cita valores de rendimiento molinero entre 1.35 y 2.19 para distintas variedades y épocas de siembra (Beratto M. y Rivas 2002, Beratto M. 2006). Esto significa que para producir 100 kg de avena pelada necesita entre 135 y 219 kg de avena cubierta.

En cambio el Rendimiento Industrial es la cantidad de producto obtenido a partir de los granos recibidos. Floss (2002) denominó Avenacor el índice determinado por el porcentaje de pepita y el desarrollo de grano, que estima el porcentaje de producto obtenido a partir de una muestra de granos enteros.

El peso hectolítrico tiene una cierta correlación con el rendimiento industrial, particularmente con el rendimiento de harina pero en avena la mayor parte de los productos procesados son integrales y la correlación del peso hectolítrico con el rendimiento industrial no es tan efectiva como en trigo (Floss, 2002).

En la actualidad a nivel internacional los parámetros más importantes para determinar la calidad física de los granos de avena son el porcentaje de

pepita y el rendimiento molinero, cumplidos estos requisitos se busca alto peso de hectolitro (Beratto M., 2007).

Objetivos de la Parte II

- Determinar el rendimiento industrial para los 10 cultivares y evaluar su relación con los parámetros físicos citados en la Parte I.

- Proponer un índice de calidad con la información generada que sirva para ponderar la calidad en forma práctica y económica, que pueda ser usado para asistir a los programas de mejoramiento.

MATERIALES Y METODOS

El Rendimiento Industrial (RI) fue determinado siguiendo el procedimiento empleado por Floss et al (2002), donde la cantidad de producto procesado a partir de la muestra de granos con cáscara se obtiene multiplicando el porcentaje de pepita por el desarrollo (porcentaje de granos de ancho mayor a 2mm), lo que significa el porcentaje de producto obtenido.

$$RI = PEP * DIIo / 100$$

Para calcularlo se usaron los datos de PEP y DIIo obtenidos de los ensayos discutidos en la Parte I. Para estudiar la asociación entre RI y los otros parámetros se realizaron correlaciones y regresiones simples y dobles entre RI y los otros parámetros.

Un grupo de veintidós muestras del primer ensayo fueron enviadas al Laboratorio de calidad de Elaboradora Argentina de Cereales (Quaker) para determinar el Rendimiento Industrial según sus procedimientos habituales.

Se realizó la correlación entre los datos calculados en éste estudio y los determinados por la industria.

RESULTADOS Y DISCUSION

1. Rendimiento industrial calculado

El análisis estadístico se hizo primero en forma conjunta para los dos años para observar la significancia de cada factor y las interacciones. En el Cuadro VII (Anexo) se pueden observar las sumas de cuadrados, los cuadrados medios y los valores de F resultantes con su respectiva significancia.

La interacción Año x Cultivares resultó altamente significativa ($p < 0.001$), por lo tanto las comparaciones entre cultivares se realizaron para cada año separadamente (Tabla 9). Se hallaron diferencias significativas entre los promedios de los dos años ($p < 0.05$). El RI promedio del año 2004 fue de 63,9% y el de 2005 de 66,7%.

Tabla 9. Rendimiento industrial calculado año 2004, 2005 y promedio.
Comparación de cultivares para cada año separadamente (2004 y 2005).

Cultivares	2004 %	2005 %	Promedio %
B. Payé	72.7 a	73.3 a	73.0
B.I. Canai	69.3 ab	70.0 b	69.7
U 16	69.3 ab	68.3 bc	68.8
Milagros I.	66.0 bc	67.67 bc	66.8
Cristal I.	65.0 bc	68.7 bc	66.8
I. Polaris	64.3 d	67.0 bcd	65.7
B.I. Calén	63.7 d	61.3 ef	62.5
B.I. Maja	58.7 e	64.0 de	61.3
Suregrain	55.7 ef	66.3 cd	61.0
I. Tucana	53.3 f	60.7 f	57.0
DMS 5%	3.97		

Letras asignadas alfabéticamente de mayor a menor valor medio.

Letras iguales en la misma columna, no difieren al 5%

En 2004 los RI variaron entre 53.3 y 72.7 % mientras en 2005 entre 60.7 y 73.3%. Los RI calculados por Gatto (2005) oscilaron entre 33.03 y 63.1 %; mientras que Floss (2002) reporta datos de 37.3 a 73.4% para avenas evaluadas en Vacaria (Brasil) en 2001.

Payé fue el material de mayor RI en los dos años; se diferenció significativamente de todos los cultivares excepto de Canai y de U16 en 2004.

Payé, Canai, U16, Milagros, Cristal y Polaris presentaron rendimientos altamente satisfactorios los dos años.

La correlación hallada entre el RI calculado y los valores de Rendimiento determinado por Quaker fue altamente significativa ($r = 0.75$) para el conjunto de muestras enviadas.

2. Relaciones entre variables

Todas las correlaciones (r) ente RI y las demás variables dieron altamente significativas (Tabla 10).

Tabla 10. Coeficientes de correlación (r) entre Rendimiento Industrial calculado y los demás parámetros.

Coeficiente	r	P
Variable	RI	
PH	0.590	0.000
Dllo	0.960	0.000
PMG	0.771	0.000
PEP	0.582	0.000

RI: Rendimiento industrial; PH: peso hectolítrico; Dllo: desarrollo de granos;

PMG: peso de mil granos; PEP: porcentaje de pepitas

Como se observa en ella se halló un elevado coeficiente de correlación con desarrollo de granos ($r = 0.960$) y con PMG ($r = 0.771$). Con PH y PEP también fueron positivas ($r = 0.590$) y ($r = 0.582$). Todas ellas altamente significativas.

Estos resultados son similares a los obtenidos por Gatto L. (2005) al trabajar con genotipos brasileros, excepto para PH. Los coeficientes de correlación hallados en ese estudio fueron 0.98 para Dilo; 0.80 para PMG y 0.39 para PEP similares a mi estudio; mientras que para PH el coeficiente hallado fue de 0.014.

Estos resultados denotan el gran peso que tiene el parámetro Desarrollo de grano sobre el Rendimiento Industrial, ya que éste se construye con el tamaño de grano, su uniformidad y también el peso de mil de ellos.

En la tabla 11 se observan los coeficientes de determinación correspondientes a la regresión lineal simple entre RI y los demás parámetros, mientras en las tablas 12, 13 y 14 se muestran los coeficientes de correlación y de determinación correspondientes a las regresiones dobles.

Tabla 11. Coeficientes de determinación (R^2) entre Rendimiento Industrial calculado y los demás parámetros.

Coeficiente	R^2	P
Variable	RI	
PH	0.35	0.000
Dilo	0.92	0.000
PMG	0.59	0.000
PEP	0.34	0.000

RI: Rendimiento industrial; PH: peso hectolítrico; Dilo: desarrollo de granos;

PMG: peso de mil granos; PEP: porcentaje de pepitas

Como se observa en las tablas 12, 13 y 14 la adición de una segunda variable puede elevar el coeficiente de determinación R^2 .

En la regresión simple entre RI y PH el coeficiente R^2 es 0.35 y entre RI con PEP R^2 0.34; mientras que en la regresión doble el coeficiente R^2 es de 0.65 en todos los casos altamente significativo (Tablas 11 y 12).

La regresión simple entre RI y PEP tuvo un R^2 de 0.34; RI con Dilo R^2 0.92; y el R^2 para ambas variables juntas fue 0.997 en todos los casos fue altamente significativo (Tablas 11 y 13).

En la regresión simple entre RI y PH el coeficiente R^2 es 0.35 y entre RI con PMG R^2 0.59; mientras que en la regresión doble el coeficiente R^2 es de 0.60 en todos los casos altamente significativo (Tablas 11 y 14).

Tabla 12. Relación doble entre Rendimiento Industrial calculado (RI) con Peso hectolítrico (PH) y Porcentaje de pepita (PEP)

Coeficiente	r	R^2	P
Variable	RI	RI	
PH	0.590	0.35	0.0000
PEP	0.582	0.34	0.0000
PH y PEP	0.060	0.65	0.0000

Tabla 13. Relación doble entre Rendimiento Industrial calculado (RI) con Porcentaje de Pepita (PEP) y Desarrollo de grano (Dilo)

Coeficiente	r	R^2	P
Variable	RI	RI	
PEP	0.582	0.34	0.0000
Dilo	0.960	0.92	0.0000
PEP y Dilo	0.337	0.99	0.0000

Tabla 14. Relación doble entre Rendimiento Industrial con Peso Hectolítico (PH) y Peso de Mil Granos (PMG)

Coeficiente	r	R ²	P
Variable	RI	RI	
PH	0.590	0.35	0.0000
PMG	0.771	0.59	0.0000
PH y PMG	0.684	0.60	0.0000

CONCLUSIONES DE LA PARTE II

El desarrollo de granos es el parámetro que mas incidió en la determinación del rendimiento industrial, seguido por el peso de mil granos. Por lo tanto en la estrategia de selección de genotipos superiores para rendimiento industrial son los caracteres de mayor potencialidad.

Las correlaciones entre rendimiento industrial y peso hectolítrico fueron altamente significativas y levemente superiores a las halladas entre rendimiento industrial y porcentaje de pepita.

El no haber hallado correlación significativa entre peso hectolítrico y porcentaje de pepita, pero si una alta asociación entre peso hectolítrico y desarrollo, peso hectolítrico y peso de mil granos y finalmente entre rendimiento industrial y peso hectolítrico, nos permite concluir que el peso hectolítrico es un estimador mas de la calidad molinera de la avena, quedando demostrada así la hipótesis planteada.

PROPUESTA DE INDICE DE CALIDAD

Teniendo en cuenta las relaciones entre variables tanto de PH como de RI, se propone un Índice de calidad, en el que se contemplan los distintos parámetros estudiados para el conjunto de datos proporcionados en éste estudio.

Este Índice podría ser empleado en los planes de mejoramiento para calificar materiales potencialmente aptos para industria.

Los parámetros a contemplar serán PH ya que es de fácil determinación, es habitual en el comercio y también en la industria y en éste estudio estuvo correlacionado en forma muy significativa con RI. El PMG, Dilo y PEP que son determinaciones corrientes en los planes de mejoramiento y estuvieron correlacionados con RI en forma muy significativa. Se agrega % Prot ya que desde el punto de vista nutricional es un carácter importante. A cada uno de ellos se le asignará un factor de ponderación (F).

El índice será el resultado de la sumatoria de cada uno de los parámetros multiplicados por su factor y dividido por la sumatoria de F (el F máximo será 9).

Los atributos o parámetros que serán considerados y factor F asignado:

Atributo (A)	Factor (F)
PH	1
PMG	2
Dllo	3
PEP	2
Prot	1

$$\sum F = 9$$

La calificación se hará en base a la siguiente escala (en puntos):

Muy Buena	5
Buena	4
Satisfactoria	3
Poco satisfactoria	2
No satisfactoria	1

Las escalas de evaluación de los atributos son:

Puntos	PH	PMG	Dllo	PEP	Prot
5	> 54	> 40	> 90	> 74	> 13
4	52-54	35-40	85-90	72-74	12-13
3	50-52	30-35	80-85	70-72	11-12
2	47-50	25-30	75-80	68-70	10-11
1	≤ 47	≤ 25	≤ 75	≤ 68	≤ 10

El índice de calidad (IC) de una avena será calculado de la siguiente forma:

$$IC = \frac{\sum (Ax F)}{\sum F} = \frac{(PH \times 1 + PMG \times 2 + Dllo \times 3 + PEP \times 2 + Prot \times 1)}{9}$$

Dónde A= es el atributo que se está evaluando en el grano entero.

F= factor de ponderación que indica la importancia relativa asignada a ese parámetro. En nuestro caso 1,2 y 3.

Ej. Suregrain en promedio de los dos años

$$IC = \frac{(3 \times 1 + 3 \times 2 + 3 \times 3 + 3 \times 2 + 5 \times 1)}{9} = \frac{(3+6+9+6+5)}{9} = \frac{29}{9} = 3.2$$

Aplicando esta fórmula, los cultivares evaluados en éste estudio tendrían la siguiente calificación:

Cultivar	Indice de calidad
Payé	4,6
Cristal	4,4
U16	4,4
Polaris	4,3
Canai	4,2
Milagros	4,2
Maja	3,8
Calén	3,6
Suregrain	3,2
Tucana	2,6

De acuerdo con esta clasificación 8 de los cultivares empleados en este estudio superan a Suregrain, cultivar usado por la industria hasta mediados de la década del 90 y referente en calidad de grano. Coincide con lo manifestado por Trombetta (2001), que con los nuevos cultivares de avena se ha mejorado el rendimiento industrial en Argentina.

Tucana, a pesar de tener un alto contenido de PEP no califica para industria

CONCLUSIONES

La integración de los parámetros físicos peso hectolítrico, peso de mil granos, desarrollo, porcentaje de pepita y de proteína en un Índice de Calidad permitirá calificar materiales en proceso de selección, brindando mayor confianza al momento de elegir o descartar materiales.

En los programas de mejoramiento se podrá combinar la selección de genotipos de alto rendimiento potencial de grano y alto Índice de Calidad para el logro de cultivares destinados a la industria.

Los cultivares Payé, Cristal, U 16, Polaris, Canai, Milagros, Maja y Calén presentaron un Índice de Calidad superior a Suregrain, cultivar testigo por su calidad durante muchos años.

Se considera que es un trabajo pionero que será aplicable en los programas de mejoramiento y que también podrá ser usada esta información por la industria.

ANEXO

Cuadro I. Rendimiento. Cuadro de varianzas y significancia para los tratamientos en los dos años evaluados.

F de V	Suma de Cuadrados	GL	Cuadrados Medios	Valor de F	Probabilidad
Año	6666667	1	6666667	11,8618	0.0262
Bloq (error 1)	2248119	4	562030		
Cultivares	18608840	9	2067649	34,2241	<0.0001
Cult x Año	5696777	9	632975	10,4771	<0.0001
Resid (error2)	2174942	36	60415		
Total	35395345	59			

CV= 6.7%

Cuadro II. Peso hectolítrico. Cuadro de varianzas y significancia para los tratamientos en los dos años evaluados.

F de V	Suma de Cuadrados	GL	Cuadrados Medios	Valor de F	Probabilidad
Año	0.026	1	0.026	0.0178	0.9002
Bloq (error 1)	5.8387	4	1.4597		
Cultivares	144.35	9	16.0389	25.831	<0.0001
Cult x Año	26.6827	9	2.9647	4.7748	<0.0003
Resid (error2)	22353	36	0.6209		
Total	199.2505	59			

CV 1.53%

Cuadro III. Peso de mil granos. Cuadro de varianzas y significancia para los tratamientos en los dos años evaluados.

F de V	Suma de Cuadrados	GL	Cuadrados Medios	Valor de F	Probabilidad
Año	3.755	1	3.755	0.2192	0.6640
Bloq (error 1)	68.5317	4	17.1329		
Cultivares	739.8407	9	82.2045	26.0217	<0.0001
Cult x Año	27.0387	9	3.0043	0.951	<0.4949
Resid (error2)	113.7267	36	3.1591		
Total	952.8929	59			

CV 4.94%

Tabla IV. Desarrollo de grano. Cuadro de varianzas y significancia para los tratamientos en los dos años evaluados.

F de V	Suma de Cuadrados	GL	Cuadrados Medios	Valor de F	Probabilidad
Año	240.841	1	240.841	9.0191	0.0398
Bloq (error 1)	106.814	4	26.703		
Cultivares	1731.090	9	192.343	23.5427	<0.0001
Cult x Año	242.343	9	26.927	3.2598	0.005
Resid (error2)	294.120	36	8.17		
Total	2615.207	59			

CV 3.18 %

Cuadro V. Porcentaje de pepita. Cuadro de varianzas y significancia para los tratamientos en los dos años evaluados.

F de V	Suma de Cuadrados	GL	Cuadrados Medios	Valor de F	Probabilidad
Año	0.3682	1	0.3682	1.1428	0.3453
Bloq (error 1)	1.2887	4	0.3222		
Cultivares	131.5735	9	14.6193	20.9306	<0.0001
Cult x Año	17.2668	9	1.9185	2.7468	0.0149
Resid (error2)	25.1447	36	0.6985		
Total	175.6418	59			

CV 1.15 %

Cuadro VI. Contenido de proteína. Cuadro de varianzas y significancia para los tratamientos en los dos años evaluados.

F de V	Suma de Cuadrados	GL	Cuadrados Medios	Valor de F	Probabilidad
Año	50.4167	1	50.4167	27.51	0.0063
Bloq (error 1)	7.3307	4	1.8327		
Cultivares	20.104	9	2.2338	6.354	<0.0001
Cult x Año	8.03	9	0.8922	2.5379	0.0228
Resid (error2)	12.656	36	0.3516		
Total	98.5373	59			

CV 4.39 %

Tabla VII. Rendimiento industrial calculado. Cuadro de varianzas y significancia para los tratamientos en los dos años evaluados.

F de V	Suma de Cuadrados	GL	Cuadrados Medios	Valor de F	Probabilidad
Año	129.07	1	129.07	9.44	0.0372
Bloq (error 1)	54.67	4	13.67		
Cultivares	1239.73	9	137.75	23.92	<0.0001
Cult x Año	210.93	9	23.44	4.07	0.0011
Resid (error2)	207.33	36	5.76		
Total	1841.73	59			

CV 3.68 %

BIBLIOGRAFIA

Abeledo, L.G., Calderini, D.F. y Slafer, G.A. 2002. Physiological changes associated with genetic improvement of grain yield in barley. In "Barley science: recent advances from molecular biology to agronomy of yield and quality" (G.A. Slafer, J.L. Molina Cano, R. Savin, J.L. Araus & Romagosa, Eds.), Food Product Press, New York. p. 361-384

Abbate, P.E., F. Andrade y J.P. Culot 1994. Determinación del rendimiento en trigo. INTA-EEA Balcarce Boletín Técnico 133

Abbate, P.E., L. Lázaro y M.C. de Pablo 2001. Peso hectolítrico y limitación por fuente en los cultivos de trigo de alto potencial de rendimiento. V Congreso de trigo. III Simposio Nacional de Cereales de Siembra Otoño Invernal. Córdoba

Barbosa Neto, J.F.; R.R. Matiello; F.I. F. Carvalho 2000. Progreso genético no melhoramento da Aveia Branca no Sul do Brasil. Pesquisa Agropecuaria Brasileira 35 (8): 1605-1612

Beratto Medina, E. y R. Rivas 2002. Calidad del grano de avena: características y parámetros de comercialización. p.9-37. Boletín INIA N° 87. In: E. Beratto M. (ed.). Avena calidad del grano, comercialización agroindustria y exportación. INIA, Temuco, Chile.

Beratto Medina E. 2006. Cultivo de la Avena en Chile. Colección Libros INIA N°19

Beratto Medina, E. 2007. Claves para exportar avena. Extracción el grano pelado y rendimiento molinero. Ser Agro. CI 28 de junio de 2007

Berzonski, W.A.; H.W. Ohm 2000. Breeding cereal small grains for value added uses. In: Designing crops for added value. Madison: American Society of Agronomy/Crop Science Society of America, Inc. p. 103-145.

Borda, M. 2005. Las condiciones meteorológicas de 2004. En Carpeta de Actualización Técnica para Profesionales. Cosecha Fina 2004/05

Borda, M. 2006. Las condiciones meteorológicas de 2005. En Carpeta de Actualización Técnica para Profesionales. Cosecha Fina 2005/06

Bridger, G.M., C. Chungu and D.E. Mather 1996. Image analysis for assessing effects of seeding rate and disease control on oat grain quality. V IOC and VII IBGS Poster #18, p. 54-55. Canadá

Brown, C.M.; F.L. Patterson 1992. Conventional breeding. In: Oat Science and Technology Edited by Marshall H.G. and M.E. Sorrells (Agronomy Monography N° 33). p. 613-656

Burke, J.I.; R.A. Browne and M.E. White 2001. Factors affecting yield and quality of oats – Crops Research Center Oak Park, Carlow Queen's University, Department of Applied Plant Science, Plant Testing Station, Crossnacreevy, Belfast. 8 p.

Carbajo, H.L. 1998. Avena: Su evolución, estado actual y perspectivas. En Tomo LII de Academia Nacional de Agronomía y Veterinaria. Nº 23 ISSN 0327-8093

Chaves M.S., F.I.F. de Carvalho, A. Cargnin, D. Simioni, D. A. M. Schmidt, I. Hartwig 2002. Efeito da ferrugem da folha sobre o rendimento e qualidade de graos em genotipos elite de aveia. Actas de 22ª Reuniao da Comissao Brasileira de Pesquisa de Aveia. Passo Fundo, Brasil. p. 463-470

Coffman, F.A. 1977. Oat history, identification and classification. 356 p. USDA Technical Bulletin 1516. U.S. Gov. Print. Office, Washington DC, USA

Cutler, G.H. 1940. Effect of "clipping" or rubbing of the oat grain on the weight and viability of the seed. J. Am. Soc. Agron. 32:167-175

De Francisco A. 2002. Qualidade industrial e nutricional da aveia. Actas 22ª Reuniao da Comissao Brasileira de Pesquisa de Aveia. Passo Fundo, Brasil. p. 86-87

De Francisco A., R. Costa Beber, R. Gary Fulcher, T. Medin, A.C. Alves 2002. Estudo comparativo de cultivares de aveia (*Avena sativa* L.) do Sul do Brasil: Efeito da morfologia do grao no rendimento industrial. Acta Científica Venezolana Vol. 53 nº 3 p. 195-201

Doehlert, D.C.; Mc Mullen, M. S. R.R. Baumann 1999. Factors affecting groat percentage in oat. Crop Science, 39:1858-1865

Doehlert, D.C.; Mc Mullen 2000. Genotypic and environmental effects on oat milling characteristics and groat hardness. Cereal Chem, 77 (2): 148-154

Doehlert, D.C.; M.S. Mc Mullen and N.R. Riveland 2002. Sources of variation in kernel size in oats. Cereal Chem., 79: 528-534

Doehlert, D.C.; M.S. Mc Mullen; J.-L. Jannik; S. Panigrahi; H. Gu; N.R. Riveland 2004. Evaluation of oat kernel size uniformity. Crop Science vol. 44: 1178-1186

Doehlert, D.C.; M.S Mc Mullen and J.-L Jannink 2006. Oat grain/Groat Size Ratios: A Physical Basis for Test Weight. Cereal Chem. 83 (1):114-118

Doehlert, D.C.; M.S. Mc Mullen 2008. Oat grain density measurement by sand displacement and analysis of physical components of test weight. Cereal Chem. 85 (5) 654-659

Federizzi, L. C.; S.C.K. Milach; M.T.P. Pacheco; J.F. Barbosa Neto; Sereno 1999. Melhoramento de Aveia. In: BOREM, A. Melhoramento de especies cultivadas. p. 131-157

Federizzi, L. C. 2002. Progressos no melhoramento genético de aveia no Brasil. Actas 22^a Reuniao da Comissao Brasileira de Pesquisa de Aveia. Passo Fundo, Brasil. p. 45-69

Floss, E. L. 1998. Efeito do genotipo, ambiente, anos, e controle de molestias na espesura de graos de aveia. En: Resumen 18 Reuniao da Comissao Brasileira de Pesquisa de Aveia. Londrina, Paraná (Brasil). p. 53, 54

Floss, E. L., S.A. Haubert, F.S. Zanatta 2002. Rendimento corrigido pela qualidade industrial de graos de aveia - Avenacor. En: Resumen 22 Reuniao da Comissao Brasileira de Pesquisa de Aveia. Passo Fundo (Brasil). p. 553-558

Floss, E. L. 2005. Uso da aveia na nutrição humana. Editora Universidad de Passo Fundo, Brasil. p. 13-61

Forján, H.; L.Manso 2007. Los cultivos de cosecha fina en la región de influencia de la Chacra Exp. Integrada Barrow. Estimación de la superficie sembrada campaña 2006. En Carpeta de Actualización Técnica para Profesionales. Cosecha Fina 2006/07

Forsberg, R.A. and D.L. Reeves 1992. Breeding oat cultivars for improved grain quality. In: Oat Science and Technology Edited by Marshall H.G. and M.E. Sorrells (Agronomy Monography N° 33). p. 751-775

Forsberg, R.A. and D.L. Reeves 1995. Agronomy of oats. In Welch, R.W. (ed.) The oat crop. London: Chapman and Hall, 1995. p. 222-251

Forsberg, R.A.; V.L. Youngs, and H.L. Shands 1974. Correlation among chemical and agronomic characteristics in certain oat cultivars and selections. Crop Science 14: 221-224

Fusé C.B. y H.O. Chidichimo. 2001. Caracterización de Cultivares de Avena por su calidad. Actas V Congreso Nacional de Trigo y Tercer Simposio Nacional de Cereales de Siembra Otoño Invernal (Trabajo N° 7). Córdoba

Ganssmann, W.; K. Vorwerck 1995. Oat milling, processing and storage. In: Welch R.W. (Ed.). The oat crop. London: Chapman & Hall, p. 369-408

Gatto L. 2005. Dissimilaridade genética e análise de trilha quanto a características físicas e químicas do grao de aveia branca. Tesis de Maestría. UPF, Passo Fundo.

Gatto L.; E.L. Floss; F. Castoldi 2005. Características físicas de graos de aveia branca. En: 25 Reuniao da Comissao Brasileira de Pesquisa de Aveia. Ponta Grossa PR, Brasil. p. 215-217

Gonzalez H. 2008. Efecto de la forma y el tamaño del grano de trigo sobre el peso hectolitrico. Tesis para optar al grado de Master en Ciencias Agrarias. Unidad Integrada Balcarce

Holland J.B. and G.P. Munkvold 2001. Genetic Relationships of Crown Rust Resistanse, Grain Yield, Test Weight, and Seed Weight in Oat. Crop Science vol. 41 p. 1041-1050

INFOSTAT, 2007. Infostat professional. Manual del Usuario. Grupo INFOSTAT FCA. Universidad Nacional de Córdoba.

Kaufman, P. and T.G Brock, 1992. Structural development of the oat plant. In: Oat Science and Technology Edited by Marshall H.G. and M.E. Sorrells (Agronomy Monography N° 33). p. 53-75

Kent, N. 1987. Tecnologia de los cereales. 221 p. Ed. Acribia S.A., Madrid, España.

Martinelli, J.A.; Federizzi, L.C.; Benedetti, A.C. 1994. Reducao no rendimento de graos de aveia em funcao da severidade da ferrugem da folha. Summa Phytopathologica, Jaboticabal, v.40, p. 116-118

Marshall, H.G. and F.L. Kolb 1986. Relationships Among Grain Quality Indicators in Oats. Crop Science, vol. 26 p. 800-804.

Möckel F.E., M.A. Cantamutto, E. Gaido y G. Gullace 1984. Efecto de las lluvias en el momento de la cosecha (lavado) sobre características físicas, químicas y reológicas del grano de trigo. Rev. Fac. Agron., UBA, 5, 1-6.

Mundstock C.M. 1994. First and second oat tiller production and survival. 2nd South American Oat Conferece. Porto Alegre. Brasil p. 59-64

Murphy, J.P. and L.A. Hoffman 1992. The origin, history and distribution of oats. p. 2-25. In Marshall, H.G. and M.E. Sorrells (eds.). Oats Science and Technology. American Society of Agronomy, Madison, Wisconsin, USA.

Nornberg R.; D.A.R. Fonseca; G. da Silveira; H.S. Luche; M. Bisognin; I. Bertan; L.C. Maia; F.I.F. de Carvalho & A.C. de Oliveira 2007. Efeito ambiente no estudo da correlacao entre caracteres de importancia agronomica da aveia branca. En: 27 Reuniao da Comissao Brasileira de Pesquisa de Aveia. UPF, Passo Fundo, Brasil. p. 238-240

Número Estadístico 2006-2007 Editado por Bolsa de Cereales de Buenos Aires. Julio de 2008

Peterson, D.M. 1992. Composition and Nutritional Characteristics of Oat Grain and Products. In: Marshall, H.G.; Sorrels, M.E. (Co Ed) Oat Science and Technology N° 33. p. 265-292

Peterson, D. M. 2002. Improving Oat for Food, Feed, and Industrial Uses. Actas 22^a Reuniao da Comissao Brasileira de Pesquisa de Aveia. Passo Fundo, Brasil p. 39-44

Peterson D.M., D.M. Wesenberg, D.E. Burrup and C.A. Erickson 2005. Relationships among Agronomic Traits and Grain Composition in Oat Genotypes Grown in Different Environments Crop Sci. 45:1249-1255

Polidoro O., R. García, J. G. Annone y A. Calzolari 2004. Efecto de factores ambientales y sanitarios que afectan el peso hectolítrico del grano de trigo (*Triticum aestivum* L.). En: VI Congreso Nacional de Trigo y VI Simposio Nac. de Cereales de Siembra Otoño Invernal. p. 306 y 307

Pomeranz Y.; G.D. Davis; J.L. Stoops and F.S. Lai 1979. Test Weight and Groat to Hull Ratio in Oats. Cereal Foods World. Vol 24; N° 12: 600-602

Ronald P.S., P.D. Brown, G.A. Penner, A. Brûlé-Babel and S. Kibite 1999. Heritability of Hull Percentage in Oat. Crop Science 39:52-57

SAGPyA 2008. Estimaciones Agrícolas. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación. Buenos Aires, Argentina.

<http://www.sagpya.mecon.gov.ar>

Scherrer-Montero, C.R., Lemons e Silva, C., Milach, S.C.K. 2003. E Possivel obter genotipos que combinem qualidade química e física de graos de aveia? Actas 23^a Reuniao da Comissao Brasileira de Pesquisa de Aveia. Gramado, Brasil. CD

Slafer, G.A. 2001. Productividad de cereales de estación fría: impacto del mejoramiento genético y características fisiológicas asociadas. Actas 21^a Reuniao da Comissao Brasileira de Pesquisa de Aveia. Lages, Brasil. p.. 3-6

Souza E.J. and H.E. Sorrells 1988. Mechanical mass selection methods for improvement of oat groat percentage. Crop Science 28: 618-623

Tkachuk, R. y F.D. Kuzina. 1979. Wheat: relations between some physical and chemical properties. Can. J. Plant Sci. 59:15-20

Trombetta, R. 1988. Informe Técnico Interno Quaker.

Trombetta, R. 1994. Seed and grain production programme. Actas Second South American Oat Congress. Brasil 72-73

Trombetta, R. 2001. Avena bajo contrato: lo que hay que saber. En: Forrajes & Granos Agribusiness Journal N° 63 p. 40-43

Webster F.H. 1996. Oats. In: Cereal Grain Quality. Edited by Henry R.J. and P.S. Kehlewell. Chapman and Hall. p. 179-203

Wehrhahne, N.L., H.L Carbajo 1994. Avenas para Grano. Actas III Congreso Nacional de Trigo y Primer Simposio Nacional de Cereales de Siembra Otoño Invernal

Wehrhahne, N.L. y E.R. Molfese 2002. Avenas para grano en Argentina. Actas de 22ª Reuniao da Comissao Brasileira de Pesquisa de Aveia. Passo Fundo, Brasil. p. 323-325

Wehrhahne N.L. 2004. Evaluación de cultivares de avena usando fungicidas 2004/05. Carpeta de Actualización Técnica para Profesionales. Cosecha Fina 2005. p. 27 y 28

Wehrhahne N.L. 2005. Nuevas variedades de Avena. Revista Agrobarrow N° 32. Mayo 2005

Wehrhahne N.L. 2006a. Avena: Evaluación forrajera. En Carpeta de Actualización Técnica para Profesionales. Cosecha Fina 2005/06. p. 43 y 44.

Wehrhahne N.L. 2006b. Avena una alimento sano y nutritivo. Revista Agrobarrow N° 35. p. 9-11

Wehrhahne, N.L., Seghezzo M.L. and Molfese E.R. 2007. Protein and oil in Argentinian oats. Abstracts 1 Conferencia Latinoamericana ICC 2007. p. 191 y CD. Rosario

Youngs, V.L. and J. Senturia, 1976. Relationship in protein concentration between whole oats and oat groats. Crop Science, 16:87-88

Youngs, V.L. and R.A. Forsberg 1987. Oat. In: R.A. Olson and K. J. Frey (Eds.) Nutritional quality of cereal grains: Genetic and agronomic improvement. Agron. Monogr. 28. American Society of Agronomy, Madison, Wisconsin, USA